

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037826**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.05.25**

(51) Int. Cl. **B22F 3/105** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201990016**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.03.17**

---

(54) **МНОГОКАМЕРНОЕ УСТРОЙСТВО НАНЕСЕНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ**

---

(31) **15/206,163**

(56) DE-A1-102004057866  
US-A1-2015069668  
DE-A1-102013223411  
US-A1-2007052543  
US-A1-2010305742

(32) **2016.07.08**

(33) **US**

(43) **2019.07.31**

(86) **PCT/EP2017/056388**

(87) **WO 2018/007031 2018.01.11**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**НОРСК ТИТАНИУМ АС (NO)**

(72) Изобретатель:  
**Форсет Тронн, Вигдаль Бреде,  
Рамсланн Арне, Стейнвик Свейн,  
Хауген Йорген (NO)**

(74) Представитель:  
**Хмара М.В., Липатова И.И.,  
Новоселова С.В., Пантелеев А.С.,  
Ильмер Е.Г., Осипов К.В. (RU)**

---

(57) Изобретение представляет собой камерную систему для изготовления твердого тела произвольной формы. Камерная система содержит камеру нанесения, камеру обслуживания и одну или более загрузочных/разгрузочных камер. Камерная система предоставляет возможность осуществления более эффективного и менее затратного обслуживания камеры нанесения, загрузки удерживающих подложек и разгрузки деталей, не требуя при этом регулирования атмосферы в камере нанесения.

**B1**

**037826**

**037826  
B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу и установке для производства объектов с помощью технологии изготовления твердого тела произвольной формы, в особенности объектов из титана и титановых сплавов.

### Сведения о предшествующем уровне техники

Металлические элементы с точными размерными допусками, которые могут быть сделаны из титана или титановых сплавов, традиционно изготавливают литьем, ковкой или машинной обработкой заготовки. В случае изготовления металлического элемента указанными способами может потребоваться долгое время на подготовку и/или большое количество дорогостоящего титана.

Физические объекты максимальной плотности могут быть изготовлены с помощью технологии, известной как быстрое прототипирование, быстрое производство, послойное производство, изготовление твердого тела произвольной формы (SFFF, от англ. "solid freeform fabrication"), аддитивное изготовление, аддитивное производство и трехмерная печать (3D печать). В указанной технологии используется автоматизированное проектирование (CAD, от англ. "computer aided design"). Оно используется для того, чтобы сначала построить виртуальную модель объекта, изготовление которого планируется, а затем трансформировать виртуальную модель в тонкие, параллельные, обычно горизонтально ориентированные, срезы или слои. Физический объект может быть впоследствии изготовлен укладкой последовательных слоев сырьевого материала в жидком виде, в виде пасты, порошка или в другом виде, таком, который можно уложить слоями или распределить как пасту, или в виде флюида, например в виде расплавленного металла, к примеру, расплавленной сварочной проволоки, или в виде слоев заранее заготовленного листового материала, напоминающего форму виртуальных слоев. Укладка осуществляется до тех пор, пока не будет сформирован целый объект. Слои могут быть сплавлены друг с другом для формирования твердого плотного объекта.

Изготовление твердого объекта произвольной формы является гибкой технологией послойного производства, которая позволяет создавать объекты практически любой формы при сравнительно высоких скоростях производства, обычно варьирующихся от нескольких минут до нескольких дней для каждого объекта. Поэтому данная технология подходит для создания прототипов и небольших производственных серий, при этом она может быть отмасштабирована и для массового производства.

Технология послойного производства может быть расширена и может включать нанесение строительного материала фрагментами. Этот процесс предусматривает деление каждого структурного слоя виртуальной модели объекта на набор фрагментов, которые при их укладке бок о бок формируют слой. Такая технология позволяет формировать металлические объекты за счет приваривания проволоки к подложке в виде последовательных полосок, формируя каждый слой согласно виртуальной послойной модели объекта, и повторяя процесс для каждого слоя до тех пор, пока не будет сформирован весь физический объект. Точность технологии сварки обычно недостаточно высока для формирования объекта приемлемых размеров. Сформированный объект поэтому обычно считается необработанным объектом или преформой, которую нужно подвергнуть машинной обработке для получения приемлемой точности размеров.

Документ Гамингер и Хатли ("Электронно-лучевое изготовление объекта произвольной формы для финансово эффективного производства формы, близкой к сетке", NATO/RTOAVT-139 Встреча специалистов по финансово эффективному производству обработкой сеточных форм (Амстердам, Нидерланды, 2006) (НАТО)) раскрывает способ и устройство для производства металлических элементов конструкции непосредственно по данным автоматизированного проектирования в комбинации с использованием электронно-лучевого процесса изготовления объекта произвольной формы (EBF, англ. "electron beam freeform fabrication"). Построение элемента конструкции осуществляется сваркой на последовательных слоях металлической сварочной проволоки, которая приваривается тепловой энергией, подаваемой электронным лучом. Процесс EBF предусматривает растапливание металлической проволоки с образованием сварочной ванны, которая создается и поддерживается сфокусированным электронным лучом в условиях высокого вакуума. Позиционирование электронного луча и сварочной проволоки обеспечивается за счет того, что электронно-лучевая пушка и актуатор, поддерживающий подложку, шарнирно закреплены вдоль одной или более осей (X, Y, Z и вращения) с возможностью перемещения, и за счет регулирования позиции электронно-лучевой пушки и подложки основанием системой управления четырехосным движением. Согласно описанию эффективность такого процесса изготовления составляет примерно 100% в отношении потребления материалов и 95% в отношении энергопотребления. Этот способ может использоваться как для нанесения большого количества металла, так и для детализированного более мелкого нанесения. Кроме того, указанный способ заявлен как способ, который может привести к значительному снижению продолжительности подготовительных работ, а также меньшим затратам на материал и производство по сравнению с традиционной машинной обработкой металлических элементов. Электронно-лучевая технология имеет недостаток, заключающийся в том, что она зависит от высокого вакуума в камере нанесения,  $10^{-1}$  Па или менее.

Известно, что для построения объектов способом SFFF (см., например, Адамс, патентную публикацию США № 2010/0193480) используют горелку дуговой сварки в инертном газе вольфрамовым элект-

тродом (TIG, англ. "tungsten inert gas welding"). В этом случае на подложку наносят последовательные слои металлического сырьевого материала с низкой вязкостью. Плазменный пучок создается за счет возбуждения потока газа электродом дуговой сварки, на дуговой электрод подают ток варьируемой величины. Плазменный пучок направляют к заранее заданной области для разогрева этой заранее заданной области перед нанесением. Силу тока регулируют, и в плазменный пучок вводят сырьевой материал для создания сварочной ванны сырьевого материала в заранее заданной области. Силу тока регулируют, и на этапе охлаждения сварочную ванну охлаждают медленно при повышенной температуре, обычно выше температуры перехода от хрупкого состояния сырьевого материала к пластичному, для минимизации образования напряжений в материале.

Документ Витерс и др. (патентная публикация США № 2006/185473) также описывает использование TIG-горелки вместо дорогостоящего лазера, традиционно используемого в процессе изготовления твердого тела произвольной формы, с относительно недорогим титановым материалом подачи за счет комбинирования титана и компонентов сплава так, что стоимость сырьевого материала оказывается значительно ниже. Витерс и др. также описывает использование титанового губчатого материала, смешанного с элементами сплава, оформленного в виде проволоки, которая может найти применение в процессе изготовления твердого тела произвольной формы вместе с плазменной сварочной горелкой или другими высокомоощными лучами энергии для изготовления титановых компонентов с формой, близкой к сетке.

Документ Абботт и др. (WO 2006/133034, 2006) описывает процесс прямого нанесения металла с использованием лазерно-дугового гибридного процесса для производства сложных трехмерных форм. Этот процесс включает этапы, на которых обеспечивают наличие подложки и, используя лазерное излучение и электродугу, наносят на нее первый слой расплавленного металла. Электродуга в дуговой сварке в газе может обеспечиваться использованием сырьевого металла в качестве электрода. Согласно Абботту и др. лазерное излучение в комбинации с дуговой сваркой металла в газе стабилизирует дугу и предположительно обеспечивает более высокие скорости нанесения. Абботт и др. используют расходуемый электрод, направляемый и выходящий из проволоки-направителя. Металл расходуемого электрода расплавлен на конце и расплавленный металл наносится за счет позиционирования указанного конца над точкой нанесения. Необходимое тепло для расплавки расходуемого электрода подается электродугой, разворачивающейся между концом электрода и деталью/подложкой нанесения и лазером, облучаемым область нанесения. Сварка расплавкой расходуемого электрода, разогретого электродугой, также известна как дуговая сварка в защитном газе (GMAW, англ. "gas metal arc welding"), которая также обозначается, как дуговая сварка в инертном газе (англ. "metal inert gas welding", "MIG-welding") в случае использования неактивных газов.

При контакте с кислородом титан или титановые сплавы, нагретые выше 400°C, могут подвергаться окислению. Поэтому необходимо защищать сварной шов и нагретый объект, формируемый послойным производством, от кислорода, содержащегося в наружной атмосфере. Документ WO 2009/068843 описывает щит инертного газа для сварки, который образует равномерный отток защитного инертного газа. За счет расположения щита над объектом, защита которого требуется, равномерный поток инертного газа вытеснит наружную атмосферу, не создавая вихрей, которые могут вовлечь газ, содержащий наружный кислород. Щит может быть выполнен в виде поллой коробки, во внутреннее пространство которой поступает инертный газ, при этом газ может выйти из этого внутреннего пространства коробки через набор узких отверстий, сделанных в одной из стенок коробки. Другим решением, предотвращающим окисление титана, является осуществление процесса нанесения в условиях вакуума.

Для осуществления процессов, описанных выше, используемый аппарат часто содержит одиночную камеру, из которой необходимо откачивать воздух или в которой атмосфера должна быть заменена каждый раз при загрузке или разгрузке камеры и до того, как можно начать нанесение. Похожие типы аппаратов с одиночными камерами также используются в процессах покрытия и нагревания. Несколько примеров приведено в патенте США № 4328257, описывающем аппарат с одиночной камерой, используемый для плазменного покрытия. Патентная заявка США № 2005/0173380 описывает одиночную вакуумную камеру, оборудованную электронно-лучевой пушкой, используемой для осуществления нанесения. Патентная заявка США № 2002/0139780 описывает аппарат с одиночной камерой, используемый для нанесения сваркой.

Проблемой, требующей решения, является скорость процесса нанесения и траты, связанные с процессом откачки воздуха из камеры каждый раз при загрузке или разгрузке новой подложки. Кроме того, осуществляя процесс нанесения плазменной дугой, важно иметь возможность регулировать температуру камеры и оборудования для предотвращения перегрева. Регулирование температуры должно осуществляться с одновременным предупреждением окисления титана или титановых сплавов, нагреваемых выше температуры в 400°C, предотвращая их контакт с кислородом.

Таким образом, существует необходимость в камерной системе нанесения, обеспечивающей более эффективный и экономически выгодный процесс и решающей одну или более из вышеперечисленных проблем; способной привести к увеличению производительности и выработке продуктов, изготовленных прямым нанесением металла, в отсутствие риска окисления.

### Сущность изобретения

Задачей настоящего изобретения является создание аппарата, увеличивающего производительность и выработку продуктов, созданных прямым нанесением металла или изготовлением твердого тела произвольной формы, в отсутствие необходимости тратить время и финансовые ресурсы на замену атмосферы в камере нанесения каждый раз, когда необходимо провести работы с камерой нанесения, или каждый раз при загрузке удерживающей подложки или разгрузке детали из камеры нанесения.

Другой задачей настоящего изобретения является создание аппарата для быстрого послойного производства объектов из титана или титановых сплавов.

Настоящее изобретение нацелено на создание улучшенного экономичного способа для осуществления прямого нанесения металла. Настоящее изобретение также нацелено на создание способа, имеющего большую производительность и выработку элементов, созданных прямым нанесением металла.

Настоящее изобретение предлагает камерную систему для изготовления твердого тела произвольной формы, содержащую одну или более независимо управляемых загрузочных/разгрузочных камер. Камерная система может содержать по меньшей мере одну независимо управляемую камеру нанесения, причем камера нанесения содержит аппарат нанесения и актуатор, который управляет положением и перемещением материала основы. Одна или более дверей соединяют камеру нанесения с каждой из одной или более загрузочных/разгрузочных камер. Опционно с камерой нанесения может быть соединена независимо управляемая камера обслуживания, причем размеры камеры обслуживания позволяют вмещать в нее аппарат нанесения.

Каждая из одной или более загрузочных/разгрузочных камер может содержать одну или более дверей, обеспечивающих доступ к указанной загрузочной/разгрузочной камере. Внутри каждой загрузочной/загрузочной камеры может располагаться конвейер, или подобная система. Кроме того, каждая загрузочная/разгрузочная камера может быть оборудована одним или более вентиляционными отверстиями. Одно или более вентиляционных отверстий может располагаться в верхней части загрузочной/разгрузочной камеры, и одно или более вентиляционных отверстий может располагаться в нижней части загрузочной/разгрузочной камеры. Одно или более вентиляционных отверстий, расположенные в верхней части, могут быть функционально соединены с вакуумным насосом и источником воздуха. Одно или более вентиляционных отверстий, расположенные в нижней части, могут быть функционально соединены с вакуумным насосом и источником инертного газа или смеси инертных газов. Две загрузочные/разгрузочные камеры могут иметь общую стенку между ними. Кроме того, каждая из указанных двух загрузочных/разгрузочных камер может иметь общую стенку с камерой нанесения.

Камера нанесения может также содержать одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части камеры нанесения, и одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части камеры нанесения. Аналогично загрузочным/разгрузочным камерам одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части, могут быть функционально соединены с вакуумным насосом и источником воздуха, а одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части, могут быть функционально соединены с вакуумным насосом и источником инертного газа или смеси инертных газов. Камера нанесения может также содержать одно или более порталов наблюдения. Камера нанесения может содержать систему рециркуляции, имеющую вентилятор и теплообменник.

Камера обслуживания может быть выровнена относительно камеры нанесения и аппарата нанесения так, что аппарат нанесения может перемещаться в и из камеры обслуживания без извлечения или изгиба проволоки из системы подачи проволоки. Камера обслуживания может также содержать одно или более вентиляционных отверстий в верхней части камеры обслуживания и одно или более вентиляционных отверстий в нижней части камеры обслуживания. Одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части, могут быть функционально соединены с вакуумным насосом и источником воздуха, а одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части, могут быть функционально соединены с вакуумным насосом и источником инертного газа или смеси инертных газов. Камера обслуживания может содержать портал доступа. Камера обслуживания может также содержать набор перчаток.

Настоящее изобретение также предлагает способы управления камерной системой для изготовления твердого тела произвольной формы (SFFF). Способы эксплуатации камерной системы для изготовления твердого тела произвольной формы могут содержать этапы, на которых независимо заменяют атмосферу в камере нанесения камерной системы на инертную атмосферу; переносят первую удерживающую подложку на актуатор, расположенный внутри камеры нанесения, одновременно поддерживая инертную атмосферу в камере нанесения; осуществляют изготовление твердого тела произвольной формы для формирования первой детали; и выносят первую деталь из камеры нанесения, одновременно поддерживая инертную атмосферу в камере нанесения. Камерная система может содержать по меньшей мере две загрузочные/разгрузочные камеры и камеру обслуживания, при этом каждая из двух загрузочных/разгрузочных камер и камера обслуживания связаны с камерой нанесения посредством одного или более независимых отверстий. Одна или более из камер нанесения, по меньшей мере двух загрузочных/разгрузочных камер и камеры обслуживания имеют одну или более дверей для герметизации указанного одного или более отверстий. Каждой из камер нанесения, первой и второй загрузоч-

ной/разгрузочной камер и камеры обслуживания могут управлять независимо. Указанной одной или более дверей каждой из камеры нанесения, двух загрузочных/разгрузочных камер и камеры обслуживания могут управлять, используя один или более датчиков. Изготовление твердого тела произвольной формы может быть остановлено, если один или более датчиков обнаружит, что по меньшей мере одна дверь недостаточно герметично закрыта.

Указанные способы могут также содержать этапы, на которых загружают первую удерживающую подложку на конвейер, расположенный внутри первой загрузочной/разгрузочной камеры; заменяют атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере на такую же инертную атмосферу, как в камере нанесения; и поддерживают атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере во время переноса удерживающей подложки на актуатор и во время изготовления твердого тела произвольной формы. Указанные способы могут также содержать этапы, на которых загружают вторую удерживающую подложку на конвейер второй загрузочной/разгрузочной камеры, поддерживая при этом инертную атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере; заменяют атмосферу загрузочной/разгрузочной камеры на такую же инертную атмосферу, как в камере нанесения. Первую деталь могут выгрузить выносом ее из камеры нанесения в первую загрузочную/разгрузочную камеру, поддерживая при этом инертную атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере; герметизировать первую загрузочную/разгрузочную камеру от камеры нанесения; заменить инертную атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере на наружный воздух и выгрузить деталь из загрузочной/разгрузочной камеры. После обеспечения герметизации первой загрузочной/разгрузочной камеры от камеры нанесения из второй загрузочной/разгрузочной камеры на актуатор могут перенести вторую удерживающую подложку, поддерживая при этом инертную атмосферу в камере нанесения.

Дополнительные признаки и достоинства настоящего изобретения будут указаны в описании ниже, а некоторые станут очевидны из описания. При этом некоторая часть признаков и достоинств будет выявлена при осуществлении изобретения. Задачи и другие достоинства настоящего изобретения могут быть реализованы и достигнуты конструкцией, непосредственно указанной в приведенном описании и формуле, а также на прилагаемых чертежах.

Должно быть понятно, что вышеизложенное общее описание и последующее подробное описание предлагает лишь примеры и служит для некоторого пояснения, оно предназначено для более подробного объяснения изобретения, заявленного в формуле.

#### **Перечень фигур**

Сопроводительные чертежи, служащие для того, чтобы обеспечить лучшее понимание изобретения, включены в описание и служат его частью. Они иллюстрируют варианты осуществления изобретения и совместно с описанием служат для объяснения принципов изобретения.

На чертежах

фиг. 1 представляет собой схематичную иллюстрацию вида сверху камерной системы согласно варианту осуществления, в котором аппарат нанесения расположен внутри камеры нанесения;

фиг. 2 представляет собой схематичную иллюстрацию вида сверху камерной системы согласно варианту осуществления, в котором аппарат нанесения расположен внутри камеры обслуживания;

фиг. 3 представляет собой схематичный вид системы рециркуляции, которая может использоваться для охлаждения атмосферы камеры, например камеры нанесения;

фиг. 4 представляет собой схематичный вид установки вентиляционных отверстий в одном варианте осуществления изобретения, например в камере нанесения;

фиг. 5А и 5В представляют собой варианты осуществления механизма переноса между загрузочной/разгрузочной камерой и камерой нанесения.

#### **Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения**

**А. Терминология.**

В отсутствие каких-либо уточнений все технические и научные термины используются здесь в их обычном значении, понятном специалистам в области техники, к которой относится данное изобретение. Все патенты, патентные заявки, опубликованные заявки и публикации, сайты и прочие опубликованные материалы, на которые приведена ссылка в описании, в отсутствие каких-либо уточнений, считаются включенными в своем полном содержании. В случае, если у термина, используемого здесь, имеется несколько значений, те значения, которые используются в этом разделе, являются предпочтительными. Если ссылка приведена на URL или другой идентификатор или адрес, должно быть понятно, что такие идентификаторы имеют свойство меняться, и информация в интернете может появляться и исчезать, но эквивалентная информация может быть найдена при использовании интернет-поиска. Ссылка на такую информацию свидетельствует о доступности и публичном распространении такой информации.

В настоящем описании формы единственного числа "некоторый", "иной", "указанный" предусматривают и множественные объекты, если только на обратное четко не указывает контекст.

В настоящем описании термины "первый", "второй", "третий" и т.д. могут быть использованы для описания различных элементов, компонентов, областей, слоев и/или секций, при этом указанные элементы, области, слои и/или секции не должны быть ограничены указанными терминами. Эти термины могут быть использованы лишь для разграничения одного элемента, компонента, области, слоя или секции от

другой области, слоя и секции. Термины, такие как "первый", "второй", и другие численные термины при их использовании в настоящем описании не имеют отношения к последовательности или порядку, если только на обратное не указывает контекст. Таким образом, первый элемент, компонент, область, слой или секция, описываемые ниже, могут быть обозначены как второй элемент, компонент, область, слой или секция и это не будет выходить за рамки рассматриваемых вариантов осуществления изобретения.

В настоящем описании интервалы и количественные значения могут быть выражены, используя конкретное значение или интервал со словом "приблизительно". "Приблизительно" может также включать и точное количество. Таким образом, "приблизительно 5%" означает "приблизительно 5%", а также "5%". "Приблизительно" означает в пределах обычной экспериментальной ошибки для подразумеваемой применения или задачи.

В настоящем описании "опционный" или "опционно" означает, что описываемые далее события или обстоятельства либо имеют место, либо не имеют место, а также то, что описание раскрывает случаи, когда указанное событие или обстоятельства имеет место, и случаи, когда они не имеют место. Например, опционный компонент в системе означает, что компонент может присутствовать в системе или может в ней отсутствовать.

В настоящем описании под "комбинацией" понимается любое объединение двух предметов или более двух предметов. Объединение может быть пространственным или относится к использованию двух или более предметов для общей цели.

В настоящем описании под "изготовлением твердого тела произвольной формы" подразумевается аддитивное прототипирование и процесс производства, в котором трехмерный объект формируется за счет последовательного добавления слоев материала для формирования конечного объекта.

В настоящем описании под "деталью" понимается металлическое тело, полученное изготовлением твердого тела произвольной формы.

В настоящем описании под аббревиатурой "SFFF" понимается изготовление твердого тела произвольной формы (англ. "solid free form fabrication").

В настоящем описании под "горелкой плазменной дуговой сварки" или "PAW горелкой" (англ. "plasma arc welding torch", "PAW torch") подразумевается горелка для сварки, которая может быть использована в плазменной дуговой сварке. Горелка сконструирована так, что газ может быть нагрет до высокой температуры для образования плазмы, при этом он становится электропроводимым, плазма затем передает электродугу к материалу основы, и интенсивное тепло дуги может растопить металл и/или сплавить два кусочка металла вместе. PAW горелка может иметь наконечник для ограничения дуги для увеличения удельной мощности дуги. Плазменным газом обычно является аргон. Плазменный газ может подаваться вдоль электрода и ионизироваться и разогнаться поблизости катода. Дуга может быть направлена к материалу основы. Она является более стабильной, чем дуга свободного горения (такая как TIG горелка). PAW горелка обычно имеет наружный наконечник для обеспечения щитового газа. Щитовым газом может быть аргон, гелий или их комбинация. Щитовой газ помогает минимизировать окисление расплавленного металла. Сила тока обычно находится в пределах 400 А, напряжение находится обычно в диапазоне от примерно 25 до примерно 35 В (но может принимать значения до 14 кВ). PAW горелки включают горелки плазменной дуговой сварки прямого действия.

Термины "горелка плазменной дуговой сварки прямого действия" или "РТА горелка" (англ. "plasma transferred arc torch", "РТА torch") используются в настоящем описании взаимозаменяемо и относятся к любому устройству, способному нагревать и вызывать превращение потока инертного газа в плазму с помощью разряда электродуги, а затем переносить поток плазменного газа, включая электродугу, через отверстие (например, наконечник) для формирования ограниченного факела, который выходит из отверстия и переносит интенсивную теплоту дуги в целевую область. В вариантах осуществления РТА горелка может работать с эффектом в 5-6 кВт или выше.

Термин "подаваемая проволока", используемый в настоящем описании, относится к проволоке, подаваемой к аппарату нанесения, который растапливает указанную подаваемую проволоку во время изготовления твердого тела произвольной формы. Термин "материал подаваемой проволоки", используемый в настоящем описании, относится к материалу, из которого сделана подаваемая проволока, и может быть любым известным или предположительным металлом или металлическим сплавом, который может быть оформлен в проволоку и использован в процессе изготовления твердого тела произвольной формы для формирования трехмерного объекта. Примеры подходящих материалов включают, не ограничиваясь этим, титан и титановые сплавы, такие как сплавы Ti-6Al-4V, никель или никелевые сплавы.

Термин "удерживающая подложка", используемый в настоящем описании, относится к целевой подложке, которую первой загружают в камеры и на которую для формирования детали технологией изготовления твердого тела произвольной формы наносится дополнительный материал, тот же самый или отличающийся от материала удерживающей подложки. В некоторых вариантах осуществления удерживающая подложка представляет собой плоский лист. В альтернативных вариантах осуществления удерживающая подложка может быть кованым элементом. В альтернативных вариантах осуществления удерживающей подложкой может быть объект, на который наплавляют дополнительный материал. В некоторых вариантах осуществления удерживающей подложкой может стать часть детали. Материалом

для удерживающей подложки может служить металл или металлический сплав. В некоторых вариантах осуществления удерживающая подложка сделана из того же металла, что и материал подаваемой проволоки.

Термин "материал основы", используемый в настоящем описании, относится к целевому материалу. При нанесении первого слоя материала материалом основы будет являться удерживающая подложка. После горизонтального нанесения одного или более слоев материала на удерживающую подложку, материалом основы будет являться верхний слой нанесенного металлического материала, который был нанесен в качестве нового слоя металлического материала. Материалом основы и нанесенным материалом могут быть металлы или металлические сплавы. В некоторых вариантах осуществления материалом основы является материал подаваемой проволоки.

Термин "аппарат нанесения", используемый в настоящем описании, может относиться к любой системе, которая может быть использована для изготовления твердого тела произвольной формы. Варианты осуществления систем изготовления твердого тела произвольной формы включают системы, которые в качестве источника тепла для сварки используют плазменную дугу (PAW), включая плазменную дугу прямого действия (РТА), лазерное спекание, электронный луч или любую комбинацию вышеуказанного. В некоторых вариантах осуществления аппарат нанесения включает одну или более горелок, таких как PAW горелка, лазерная горелка или электронно-лучевая пушка или горелка. В некоторых вариантах осуществления аппарат нанесения включает одну или более горелок плазменной дуговой сварки прямого действия. PAW горелка может иметь любую конфигурацию, создающую электродугу для нагрева и расплавления расходуемого электрода, такого как металлическая проволока, например горелкой газовой дуговой сварки (GMAW, англ. "gas metal arc welding") или TIG горелкой, в частности, использующей инертные или благородные газы для создания дуги. Металлическая проволока используется как расходуемый электрод и расплавляется в плазме, производимой горелкой с использованием электродуги, расплавляемый расходуемый электрод наносится на поверхность сварочной ванны или в сварочную ванну на материал основы, добавляя и формируя металлические тела формы, близкой к сетке, или детали. Лазерные устройства могут генерировать лазерные лучи, обладающие достаточной термической энергией для расплавки металлической проволоки на материале основы. Примерами подходящих лазерных устройств служат лазер на алюмоиттриевом гранате с использованием неодима (Nd:YAG, англ. "neodymium-doped yttrium aluminum garnet laser"), CO<sub>2</sub> лазер, СО лазер, связанный волоконный иттриевый и диодный лазер (англ. "ytterbium fiber coupled diode laser"), лазер на неодимовом стекле (Nd:glass), ортованадний иттриевый лазер с использованием неодима (Nd:YVO, англ. "neodymium-doped yttrium orthovanadate laser"), лазер на рубиновом кристалле (англ. "Cr:ruby laser"), диодный лазер, диодно-накачиваемый лазер, эксимерный лазер, газовый лазер, полупроводниковый лазер, лазер на твердотельных элементах, лазер на красителях, лазер рентгеновского излучения, лазер на свободных электронах, ионный лазер, лазер газовой смеси, химический лазер и комбинации вышеуказанного. Предпочтительными являются лазеры Nd:YAG и CO<sub>2</sub> лазеры. Электронно-лучевые устройства могут быть использованы для нагрева и плавления металлической проволоки на материал основы. Электронно-лучевое устройство может быть расположено и использовано для направления электронного луча на наконечник (дальний конец) металлической проволоки, расположенной выше материала основы так, чтобы термическая энергия, выработанная электронным лучом электронно-лучевого устройства, расплавляла указанный конец проволоки, формируя капли расплавленной металлической проволоки, которые каплют на материал основы под указанным концом металлической проволоки. Электронно-лучевое устройство может иметь варьируемую выходную мощность, которая может регулироваться для того, чтобы подавать относительно постоянную мощность или количество энергии на указанную металлическую проволоку в количестве, которое обеспечивает относительно постоянную скорость расплавления металлической проволоки. Электронно-лучевые пушки доступны на рынке и описаны в решениях, известных из уровня техники. Электронно-лучевая пушка может быть выбрана так, чтобы она содержала катушки соленоида для модулирования электронного луча. Электронно-лучевая пушка может подавать энергию в виде сконцентрированного потока электронов, ускоренных в направлении металлической проволоки. Электроны могут ускоряться за счет высоковольтного потенциала (например, выше значений в примерно 15 кВ, например, в диапазоне от примерно 15 кВ до примерно 150 кВ) сами по себе или в комбинации с магнитными полями. Электроны могут быть сгенерированы внутри электронно-лучевой пушки с помощью одного или более подогреваемых волокон. Выходной мощностью электронно-лучевой пушки обычно можно управлять за счет регулирования потока электронов, идущего к детали. Например, может использоваться мощность луча до примерно 30 кВт, но обычно мощность находится внутри диапазона от примерно 2.5 до примерно 10 кВт или от примерно 3 до примерно 6 кВт. Ток луча обычно выше чем примерно 100 мА, он может находиться в интервале от примерно 100 до примерно 600 мА. Мощность луча варьируется, она генерируется входным напряжением в диапазоне от примерно 100 до примерно 500 В. Как вариант, входное напряжение может составлять примерно 110 В.

Термины "модель автоматизированного проектирования" или "CAD-модель" используются в тексте в качестве синонимов. Указанные термины относятся к любой известной или гипотетической виртуальной трехмерной репрезентации объекта, создание которого запланировано. Указанная репрезентация

может использоваться в системах управления установки согласно второму аспекту настоящего изобретения: для регулирования положения и перемещения удерживающей подложки и для эксплуатации горелки для сварки со встроенной подачей проволоки для построения физического объекта за счет сплавления последующих нанесений металлического материала на удерживающую подложку с образованием некоторого рисунка, в результате чего строится физический объект в соответствии с виртуальной трехмерной моделью указанного объекта. Например, этого можно достигнуть созданием виртуальной векторной послойной трехмерной модели, сначала разделив виртуальную трехмерную модель на некоторый набор виртуальных параллельных слоев, а затем разделив каждый из указанных параллельных слоев на некоторый набор виртуальных псевдоодномерных фрагментов. Далее указанный физический объект может быть сформирован за счет привлечения системы управления для нанесения и сплавления ряда псевдоодномерных фрагментов (капель) металлического материала подачи на поддерживающую подложку с образованием некоторого рисунка согласно первому слою виртуальной векторной послойной модели объекта. Металлический материал подачи также может наноситься в виде постоянной подачи капель, которые могут формировать нить или поток металлического материала. Далее придерживаются того же порядка для второго слоя объекта, нанося и сплавливая ряд псевдоодномерных кусков свариваемого материала на ранее нанесенный слой с образованием рисунка согласно второму слою виртуальной векторной послойной модели объекта. Повторение продолжается во время процесса нанесения и сплавления, слой за слоем, для каждого последующего слоя виртуальной векторной послойной модели объекта до того момента, пока не будет сформирован целый объект.

Однако настоящее изобретение не привязано ни к какой конкретной CAD-модели и/или компьютерному программному обеспечению для запуска системы управления установкой согласно настоящему изобретению. Более того, настоящее изобретение не привязано ни к одному специфическому типу системы управления. Может использоваться любая известная или гипотетическая система управления (CAD-модель, система автоматизированного производства или программное обеспечение, компьютерное программное обеспечение, компьютерное аппаратное обеспечение и приводы и т.д.), способная построить металлические трехмерные объекты изготовлением твердого тела произвольной формы. В приведенных в качестве примера вариантах осуществления система управления может быть отрегулирована так, чтобы отдельно управлять первой горелкой для предварительного подогрева материала основы и второй горелкой для расплавления подаваемой проволоки из металлического материала с образованием сварной ванны. Первая горелка может предоставить достаточную энергию для предварительного подогрева материала основы так, чтобы он был готов принимать расплавленные капли расплавленной металлической проволоки, т.е. расплавленного металлического материала, в месте, в котором предполагается нанесение указанного металлического расплавленного материала. Предварительный подогрев материала основы может гарантировать адекватное сплавление с материалом основы металлического материала, подаваемого в виде металлической капли расплавленной металлической проволоки. Первая горелка провоцирует сплавление материала основы с расплавленным металлическим материалом за счет углубления сплавления с материалом основы. В некоторых вариантах осуществления предварительный подогрев не расплавляет материал основы. В альтернативных вариантах осуществления для того, чтобы подогреть материал основы для соответствующего приема первой горелкой, расплавляют по меньшей мере часть материала основы. В некоторых вариантах осуществления первой горелкой подается тепло, достаточное для создания сварной ванны в материале основы, в месте, где планируется нанесение металлического материала.

#### В. Многокамерный узел.

Ниже описаны примеры вариантов осуществления изобретения вместе с сопроводительными чертежами. Представленное ниже описание носит иллюстративный характер и не должно рассматриваться как нечто, ограничивающее представленное изобретение.

На фиг. 1 показана схема варианта камерной системы 100, содержащей четыре камеры 110, 120, 130, и 140. Указанные четыре камеры могут быть соединены друг с другом. В настоящем описании позициями 110 и 120 будут обозначаться загрузочные/разгрузочные камеры, позицией 130 будет обозначаться камера нанесения, а позицией 140 будет обозначаться камера обслуживания.

В соответствии с их названиями загрузочная/разгрузочная камеры 110 и 120 могут использоваться для загрузки удерживающих подложек для использования в процессе формирования объектов изготовлением твердых тел произвольной формы и для отгрузки сформированных деталей. Аналогично камера 130 нанесения представляет собой камеру, в которой происходит процесс изготовления твердого тела произвольной формы. В некоторых вариантах осуществления изготовление твердого тела произвольной формы реализуют, используя горелки плазменной дуговой сварки прямого действия. В некоторых вариантах осуществления аппарат нанесения представляет собой аппарат нанесения с подачей проволоки, который использует две горелки плазменной дуговой сварки прямого действия, одну - для формирования сварочной ванны в материале основы, в которую капает расплавленный металл от подаваемой проволоки, и вторую горелку - для расплавки металла подаваемой проволоки. В некоторых вариантах осуществления материал подаваемой проволоки и материал основы представляют собой один и тот же материал. В некоторых вариантах осуществления материал подаваемой проволоки и материал основы представля-



ют собой металлы или металлические сплавы. В некоторых вариантах осуществления это один и тот же металл или сплавы металла. В качестве примера металлов или сплавов металла, используемых для материала подаваемой проволоки и материала основы, можно привести следующие материалы: титан, сплавы титана, никель или сплавы никеля. Могут также использоваться и другие металлы или сплавы металлов. Камера 140 обслуживания может представлять собой камеру, задачей которой является осуществление работ по техническому обслуживанию аппарата нанесения.

Хотя приведенные в качестве примера варианты осуществления изобретения будут описаны содержащими четыре камеры, должно быть понятно, что загрузочная/разгрузочная камеры 110 и 120 могут быть заменены одной загрузочной/разгрузочной камерой. В альтернативном варианте можно использовать и похожим образом соединить с камерой нанесения более чем две загрузочные/разгрузочные камеры. Более того, должно быть понятно, что в некотором варианте осуществления камера 140 обслуживания может быть исключена.

Каждая камера камерной системы 100 может быть герметично заделана и может независимо управляться. Каждая камера может быть герметично отделена от других камер, соединенных с ней. Каждая камера может быть герметично отделена от внешней атмосферы. Каждая камера может быть отделена от других камер или от внешней атмосферы за счет использования одной или более створчатых или скользящих дверей. В некоторых вариантах осуществления дверь может быть сделана из того же материала, что и сама камера. В альтернативных вариантах осуществления каждая дверь может быть сделана из герметичного материала. В некоторых вариантах осуществления независимо от материала, из которого сделана дверь, каждая дверь может быть оборудована элементом герметизации. Элементом герметизации может быть кольцо, мембрана или прокладка. Герметизирующий материал, используемый в элементе герметизации или двери камеры, должен быть способен обеспечить газонепроницаемую герметизацию. В некоторых вариантах осуществления герметизирующим материалом может быть любой герметизирующий материал высокого вакуума. В некоторых вариантах осуществления герметизирующим материалом может быть полиуретан. В альтернативных вариантах осуществления герметизирующим материалом может быть любой из следующих материалов: нитрильный каучук, фторуглерод, силикон, фторсиликон или перфторированный эластомер. В некоторых вариантах осуществления может использоваться более чем один материал для каждого герметизирующего элемента или камерной двери. В альтернативных вариантах осуществления каждая дверь может быть оборудована более чем одним элементом герметизации. К примеру, для улучшения газонепроницаемости на двери может быть размещено два или три элемента герметизации.

Атмосфера в каждой камере может независимо выкачиваться. В некоторых вариантах осуществления из каждой камеры атмосфера может быть независимо выкачена и заменена на бескислородную атмосферу. В некоторых вариантах осуществления из каждой камеры может быть независимо выкачена атмосфера, и камера может быть впоследствии наполнена инертным газом или газовой смесью. Каждая камера может быть оборудована отдельным регулятором расхода, который может измерять и управлять движением потока газа в камеру, например это может быть регулятор массового расхода или регулятор весового расхода. Кроме того, в каждой камере можно независимо осуществлять мониторинг температуры, ее регулирование и поддержание. Также в каждой камере можно независимо осуществлять мониторинг давления, его регулирование и поддержание. В некоторых вариантах осуществления, в которых камера наполнена инертным газом, таким как, например, аргон, давление этой камеры предпочтительно поддерживается выше атмосферного давления. В некоторых вариантах осуществления давление камеры, наполненной инертным газом, поддерживается приблизительно 1-6 мбар выше атмосферного давления. Поддержание давления выше атмосферного давления поможет предупредить просачивание кислорода или других газов извне камеры в саму камеру. Для создания инертной атмосферы может использоваться любой инертный газ. В некоторых вариантах осуществления используемый инертный газ тяжелее, чем воздух. К примеру, инертным газом может быть аргон. Могут также использоваться другие инертные газы, как одиночные газы или в комбинации. В некоторых вариантах осуществления вместо одиночного газа может использоваться газовая смесь. Например, может использоваться смесь аргона с любым из следующих газов: гелием, неоном, ксеноном или криптоном. Другими возможными газами, которые могут использоваться как сами по себе, так и в смеси, являются ксенон и криптон.

В настоящем описании термины "тяжелый" или "более тяжелый", используемые в отношении газа, газовой смеси или атмосферы, и термины "легкий" или "более легкий", также используемые в отношении газа, газовой смеси или атмосферы, используются для дифференцирования двух типов атмосфер, которые могут использоваться в камерах, описанных здесь. Как описано в качестве примера выше, тяжелым или более тяжелым является аргон или аргоно-гелиевая смесь, когда их сравнивают с более легкой атмосферой, такой как воздух. Однако такое разделение на пары приведено лишь в качестве примера и не должно рассматриваться как ограничивающее. Кроме того, хотя вентиляционные отверстия здесь описаны как вентиляционные отверстия для тяжелого газа и вентиляционные отверстия для легкого газа, следует понимать, что могут также использоваться две атмосферы, имеющие одинаковый или очень похожий вес, и в этом случае любой люк может быть использован для впуска и вывода любой из атмосфер.

В некоторых вариантах осуществления давление камеры может поддерживаться равным атмосфер-

ному давлению, когда камера не наполнена инертным газом, или во время наполнения камеры инертным газом, или во время вывода инертного газа из камеры. В альтернативных вариантах осуществления, когда камера не наполнена инертным газом, в ней могут поддерживать условия вакуума. Также при наполнении камеры инертным газом или при выводе инертного газа из камеры давление камеры может быть как выше, так и ниже атмосферного давления.

Каждая камера в камерной системе 100 может быть изготовлена из любого подходящего материала, который может выдерживать температурные условия и режим давления камеры. Например, материал, используемый для камеры 130 нанесения, должен выдерживать температурные условия и режим давления, свойственные процессу изготовления твердого тела произвольной формы, осуществляемому в указанной камере. В некоторых вариантах осуществления камеры изготовлены из металла. Например, камеры могут быть сделаны из алюминия или алюминиевого сплава. В альтернативном варианте осуществления камеры могут быть изготовлены из стали. Может быть использована любая сталь. Например, сталь может быть низкоуглеродистой сталью, низколегированной сталью, нержавеющей сталью, нержавеющей сталью серии 300, нержавеющей сталью серии 400, аустенитной нержавеющей сталью, ферритной сталью с высоким содержанием хрома, хромомолибденовой сталью. В других альтернативных вариантах камеры могут быть сделаны из комбинаций металлов. Металлические стенки могут быть должным образом заземлены во избежание риска образования статических разрядов или для минимизации риска поражения электрическим током в случае любой неисправности в работе оборудования.

В предпочтительных вариантах осуществления давление камеры поддерживается равным или немного выше атмосферного, поэтому к подходящему материалу может относиться материал, который способен сохранять физическую целостность, по меньшей мере, при атмосферном давлении или давлении выше атмосферного давления на примерно 1-20 мбар, или на примерно 1-10 мбар выше атмосферного, или примерно на 2-8 мбар выше атмосферного. Предпочтительно, чтобы материал, используемый для камер, был также способен сохранять физическую целостность ниже атмосферного давления, например, в условиях вакуума. В таких вариантах осуществления используемый материал должен быть способен сохранять физическую целостность при давлении ниже атмосферного, в частности, в условиях использования вакуума.

Любая камера камерной системы 100 может также быть оборудована одним или более порталами наблюдения, чтобы позволить оператору наблюдать за операцией, происходящей внутри. В некоторых вариантах осуществления порталами наблюдения могут быть окна. Настоящее описание в отношении порталов наблюдения будет использовать термин окна, однако это не следует понимать в ограничительном ключе, так как в настоящем изобретении может использоваться любой тип портала наблюдения. В некоторых вариантах осуществления камера 130 нанесения может иметь большое окно по меньшей мере на одной стороне так, чтобы позволить оператору наблюдать за происходящим процессом изготовления. Также в предпочтительном варианте осуществления камера 140 обслуживания может быть оборудована по меньшей мере одним большим окном для того, чтобы позволить оператору наблюдать за аппаратом 150 нанесения, когда он находится внутри камеры 140 обслуживания. Одно или более окон могут быть сделаны из подходящего прозрачного материала, который также может выдерживать температурные условия и режим давления камеры. Например, материал, используемый для окна в камере 130 нанесения, должен выдерживать температурные условия и режим давления процесса изготовления твердого тела произвольной формы, осуществляемого в указанной камере. В некоторых вариантах осуществления материал, используемый для окон в любой одной или более камерах, может быть акриловым материалом. В некоторых вариантах осуществления окна сделаны из поли(метилметакрилата). В альтернативном варианте материалом окна может быть стекло. В некоторых вариантах осуществления окна сделаны из натриево-кальциево-силикатного стекла. Стекло может быть покрыто одним или более прозрачными металлооксидными слоями, которые могут отражать определенные длины волн электромагнитного излучения. В некоторых вариантах осуществления стекло может отражать инфракрасное электромагнитное излучение. В некоторых вариантах осуществления стекло может отражать ультрафиолетовое электромагнитное излучение. Стекло может быть выполнено однослойным или может быть использовано стекло, имеющее несколько слоев. В некоторых вариантах осуществления имеется по меньшей мере два слоя, разделенных некоторым пространством. Пространство между двумя слоями стекла может быть заполнено инертным газом. В некоторых вариантах осуществления пространство между двумя слоями стекла заполнено аргоном. Такая конфигурация может препятствовать прохождению примерно 85% ультрафиолетового излучения через окно. В некоторых вариантах осуществления имеется два слоя стекла, а между указанными слоями стекла располагается промежуточный слой в виде полимерной пленки, образуя слоистое стекло. Полимерная пленка может быть выполнена из любого материала, такого как поливинилбутираль (PVB), этиленвинилацетат (EVA). Слоистое стекло может блокировать примерно 100% ультрафиолетового излучения, препятствуя его прохождению через окно.

В альтернативном варианте материалом окна может быть термопластичный полимер. Например, таким материалом может быть поликарбонат, акрилопласт или полиэтилентерефталат. Термопластик может быть выполнен однослойным. Может быть также изготовлено два или более листа для того, чтобы создать пространство между указанными слоями и опционально заполнить его аргоном. За счет включения

промежуточного слоя в виде полимерной пленки, расположенного между двумя листами термопластичного полимера, может быть изготовлено слоистое пластиковое окно. Материал, используемый для одного или более окон одной камеры, может быть тем же или отличаться от материала, используемого для одного или более окон любой другой камеры. Кроме того, разные окна одной камеры могут быть сделаны из одного и того же материала или разных материалов.

В некоторых вариантах осуществления одна или более камер могут быть оборудованы одним или более устройствами наблюдения. Примером устройств наблюдения могут служить видеокамеры. Видео, снятое одной или более видеокамерами, может быть записано. Видео может также передаваться в виде прямой трансляции. Видеоэкраны, демонстрирующие видео, в виде прямой трансляции или в режиме записи могут располагаться с внешней стороны соответствующей камеры, видео которой снимается. Видео можно смотреть на мониторе, расположенном в непосредственной близости к камере, видео в которой снимается. Видео можно смотреть на мониторе, расположенном на некотором расстоянии от камеры, в которой снимается видео. Может быть использована любая комбинация описанных выше конфигураций для просмотра видео.

Каждая камера может быть оборудована одним или более светоизлучающими элементами в качестве источников видимого света для освещения камеры. Они могут обеспечить освещение внутри одной или более камер для того, чтобы обеспечить лучшую видимость. Равномерный уровень яркости в камере может быть достигнут симметричным расположением светоизлучающих элементов вокруг камеры. Одним или более светоизлучающими элементами может быть любое подходящее светоизлучающее устройство. Например, светоизлучающий элемент может включать закрепленные осветительные приборы. Другие варианты осуществления могут предусматривать осветительные приборы на светодиодах, неоновые лампы, лампы накаливания или люминесцентные лампы или комбинацию вышеописанного. Яркость светоизлучающих элементов может быть регулируемой. Подходящие защитные покрытия из подходящих материалов, прозрачных для света, могут использоваться для защиты светоизлучающего элемента от условий камеры, в которой указанный светоизлучающий элемент расположен. В некоторых вариантах осуществления каждая камера камерной системы 100 содержит по меньшей мере один светоизлучающий элемент. В некоторых вариантах осуществления камера 130 нанесения содержит один или более светоизлучающих элементов. В некоторых вариантах осуществления камера 140 обслуживания содержит один или более светоизлучающих элементов. В некоторых вариантах осуществления каждая из одной или более загрузочных/разгрузочных камер 110 и 120 содержит один или более светоизлучающих элементов. Кроме того, для камерной системы 100 может использоваться любая комбинация таких осветительных установок. Светоизлучающими элементами каждой камеры могут управлять независимо. В альтернативном варианте всеми светоизлучающими элементами могут управлять сообща, так что они могут включаться и выключаться одновременно. В альтернативном варианте одновременно могут управлять светоизлучающими элементами двух или более камер камерной системы 100. Органами управления освещения могут быть одна или более ручных или компьютеризированных систем управления или комбинация вышеуказанного.

Каждая камера может быть также оборудована детектором кислорода или устройством мониторинга кислорода. В некоторых вариантах осуществления детектор кислорода или устройство мониторинга может использоваться для проверки количества кислорода в камере, когда она работает в условиях инертной атмосферы. Как было описано выше, в процессе нанесения металлы могут быть нагреты до высоких температур, в результате чего они станут предрасположены к окислению. Например, титан при температуре 400°C или выше обычно окисляется в присутствии кислорода. Для предупреждения окисления предпочтительным является поддержание бескислородной атмосферы или в альтернативном варианте - атмосферы с очень низким содержанием кислорода. В некоторых вариантах осуществления при работе в условиях инертной атмосферы давление камеры нанесения поддерживается равным примерно  $10^3$  Па, а содержание кислорода ниже 100 миллионной доли (ppm) обычно в интервале от примерно 0 до примерно 100 ppm или в интервале от примерно 0 до примерно 50 ppm. В альтернативных вариантах содержание кислорода камеры нанесения в похожих условиях может поддерживаться в интервале от примерно 0 до примерно 25 ppm или от примерно 0 до примерно 20 ppm.

В некоторых вариантах осуществления содержание кислорода и другие атмосферные условия, включая давление, любой другой камеры внутри камерной системы 100 является таким же или более низким, чем содержание кислорода камеры нанесения, по меньшей мере когда эти камеры расположены в атмосферном сообщении с камерой нанесения и в случае, когда необходимо поддерживать атмосферу камеры нанесения инертной. Аналогично в некоторых вариантах осуществления, в которых камера нанесения поддерживается в состоянии вакуума, другие камеры камерной системы 100 также находятся в похожих условиях вакуума, по меньшей мере в случае их атмосферного сообщения с камерой нанесения. В некоторых вариантах осуществления камера нанесения содержит воздух, другие камеры также могут содержать воздух, по меньшей мере в случае их атмосферного сообщения с камерой нанесения. За счет поддержания таких же или похожих атмосферных условий в камерах, в случае их атмосферного сообщения друг с другом, можно эффективнее поддерживать и регулировать необходимые условия в них. Это особенно важно для камеры нанесения, потому что данное обстоятельство может помочь предотвратить

нежелательное попадание примесей или окисление во время процесса изготовления, происходящего в камере нанесения.

В некоторых вариантах осуществления внутри камеры регулируют уровень влажности. Уровень влажности поддерживают на пониженных уровнях для снижения содержания водорода в камере. Например, когда металлическая проволока выполнена из или содержит титан, слишком высокое содержание водорода внутри камеры может сделать наносимый титан хрупким. В некоторых вариантах осуществления уровень влажности внутри любой камеры в камерной системе 100 может быть снижен до уровня ниже 250 ppm или ниже 200 ppm. В некоторых вариантах осуществления уровень влажности камер, соединенных с камерой нанесения, является таким же или более низким, чем уровень влажности камеры нанесения, по меньшей мере когда эти камеры имеют атмосферное сообщение с камерой нанесения и в случае, когда необходимо поддерживать уровень влажности в камере нанесения пониженным.

Хотя каждую камеру можно использовать независимо, должно быть понятно, что в некоторых вариантах осуществления может быть использовано одно и то же оборудование для того, чтобы использовать более чем одну камеру. Например, в некоторых вариантах осуществления может использоваться один вакуумный насос для создания вакуума в двух или более камерах. В одном из вариантов осуществления один вакуумный насос соединен со всеми четырьмя камерами общей системой вентиляции. В некоторых вариантах осуществления вакуум может использоваться для независимого вывода атмосферы каждой камеры за счет системы клапанов, отдельно соединяющих вентиляционную систему с каждой камерой. Таким образом, с помощью независимого открытия и закрытия каждого клапана в одной или более камерах может быть создан вакуум одновременно или в разные моменты времени. Также с помощью управления набором клапанов к вакууму могут быть подсоединены разные вентиляционные отверстия камеры одновременно или в разные моменты времени. Аналогично в некоторых вариантах осуществления при помощи независимо управляемых клапанов две или более камеры могут быть соединены одной системой подачи инертного газа. Таким образом, за счет независимого управления каждым клапаном можно подать инертный газ в каждую из камер, либо одновременно с другой камерой или более камерами, либо в разные моменты времени.

Система может быть сконструирована таким образом, что клапаны будут разрешать или препятствовать атмосферной связи между камерами. К примеру, первая камера может быть изолирована от второй камеры так, что первая камера может продолжать содержать инертный или благородный газ, такой как аргон, во время вывода атмосферы из второй камеры. Похожая система может быть использована для подачи воздуха или другого газа. Подача инертного газа или газовой смеси, воздуха и другой атмосферы может быть осуществлена посредством любого одного или более вентиляционных отверстий в каждой камере посредством управления клапанов. Альтернативно каждая камера может быть оборудована своим собственным независимым вакуумным насосом. Кроме того, каждая камера может быть оборудована своим собственным независимым источником воздуха, инертного газа или газовой смеси или другого необходимого газа.

Органы управления камерной системой 100 и работой каждой камеры могут быть включены в систему управления. Система управления может управляться вручную. Например, система управления, управляемая вручную, может содержать управляемые вручную клапаны, приводы, переключатели или похожие устройства. В альтернативном варианте осуществления система управления может быть автоматизированной. Например, система управления может содержать компьютеризированную систему управления. При этом в другом варианте осуществления система управления может быть комбинацией ручных и компьютеризированных органов управления. Каждая камера может быть оборудована своей собственной индивидуальной системой управления. В одном из вариантов осуществления каждой камерой может независимо управлять одна система управления. В одном из вариантов осуществления система управления может содержать промышленный компьютер с конфигурацией, предусматривающей центральный процессор для выполнения пользовательских программ, один или более блоков питания, модули ввода и/или вывода сигналов. Система управления может содержать монитор центрального процессора и интегрированное экранирование аналоговых сигналов. Такая система управления может быть разработана квалифицированным специалистом. Примером коммерчески доступной системы является SIMATIC-S7-1500 от Siemens AG (Мюнхен, Германия). Отдельная система управления может быть использована для регулирования оборудования, расположенного внутри камер. Например, отдельная система управления может быть использована для регулирования актуатора 131. Примером коммерчески доступной системы является IndraMotion MTX система, предоставляемая Bosch Rexroth AG (Лор-ам-Майн, Германия). Отдельная система управления может быть использована для управления сварочным оборудованием. Примером коммерчески доступной системы является SIGMATEK C-IPC компактная система промышленного компьютера, предоставляемая SIGMATEK GmbH & Co. KG (Лампрехтсхаузен, Австрия). Каждая камера может иметь свою собственную отдельную систему управления для оборудования, используемого в ней. В альтернативном варианте каждое оборудование может иметь соответствующую отдельную систему управления. Для управления оборудованием, расположенным внутри камер, может использоваться также центральная система управления. В альтернативном варианте центральная система управления может быть соединена с каждой отдельной системой управления.

Загрузочные/разгрузочные камеры.

В одном из вариантов осуществления, приведенном в качестве иллюстрации, камерная система 100 может содержать две загрузочные/разгрузочные камеры 110 и 120. В альтернативных вариантах осуществления камерная система 100 может содержать только одну загрузочную/разгрузочную камеру. При этом в других альтернативных вариантах камерная система 100 может содержать более чем две загрузочные/разгрузочные камеры. Функционирование загрузочной/разгрузочной камеры не меняется и является независимым от того, как много таких камер включено в камерную систему 100. В примере, приведенном для иллюстрации на фиг. 1, загрузочные/разгрузочные камеры 110 и 120 могут быть расположены так, чтобы у них была общая стенка.

Преимуществом наличия по меньшей мере двух загрузочных/разгрузочных камер является сокращение продолжительности производственного цикла, что следует из более быстрой загрузки и разгрузки удерживающей подложки и деталей. Например, в некоторых вариантах осуществления, в которых в камере 130 нанесения поддерживается инертная атмосфера, загрузочная/разгрузочная камера также должна иметь инертную атмосферу, когда она находится в атмосферном сообщении с камерой 130 нанесения. Однако загрузка удерживающей подложки в загрузочную/разгрузочную камеру подвергает загрузочную/разгрузочную камеру воздействию внешней атмосферы. Таким образом, для того чтобы в загрузочной/разгрузочной камере была атмосфера инертного газа, из загрузочной/разгрузочной камеры должен быть выведен воздух и заменен на инертный газ до того, как дверь, соединяющую загрузочную/разгрузочную камеру с камерой нанесения, можно будет открыть, так чтобы никакой воздух не поступил в инертную атмосферу камеры нанесения. Это также касается случая, когда камера нанесения функционирует в условиях вакуума или с любой другой атмосферой, отличной от воздуха. За счет наличия по меньшей мере двух загрузочных/разгрузочных камер одна загрузочная/разгрузочная камера может быть готова для приема детали из камеры нанесения, в то время как другая загрузочная/разгрузочная камера может быть готова для загрузки следующей удерживающей подложки.

Каждая загрузочная/разгрузочная камера может быть оборудована по меньшей мере двумя дверьми. В некоторых вариантах осуществления загрузочная/разгрузочная камера 110 содержит дверь 111, которая обеспечивает доступ к камере 110 с внешней стороны указанной камеры. Камера 110 может быть также оборудована второй дверью 112, которая соединяет камеру 110 с камерой 130 нанесения. Аналогично загрузочная/разгрузочная камера 120 может быть оборудована похожими дверьми 121 и 122. Как было описано выше, каждая дверь 111, 112, 121 и 122 может быть либо сделана из герметизирующего материала, либо содержать один или более элементов герметизации, обеспечивающих газонепроницаемость каждой двери. Двери 111, 112, 121 и 122 могут быть скользящими дверьми или створчатыми дверьми. В некоторых вариантах осуществления двери 111, 112, 121 и 122 являются скользящими дверьми, скользящими из стороны в сторону или сверху вниз для открытия и закрытия. Двери 111, 112, 121 и 122 могут быть также оборудованы шарнирами, прикладываемыми давлением на двери, когда они закрыты, для улучшения их герметизации, и снимающими давление, когда двери должны быть открыты. В некоторых вариантах осуществления двери 111, 112, 121 и 122 могут управляться вручную. В альтернативном варианте двери 111, 112, 121 и 122 могут управляться автоматически или с помощью системы управления. В некоторых вариантах осуществления двери 111, 112, 121 и 122 могут управляться как вручную, так и автоматически. Также каждая дверь 111, 112, 121, и 122 может представлять собой набор из двух или более дверей, которые могут открываться одновременно или независимо.

Камера обслуживания и каждая загрузочная/разгрузочная камера могут быть оборудованы своей собственной независимой системой вентиляции. Например, каждая из камер 110, 120 и 140 может независимо вентилироваться. Каждая из камер 110, 120 и 140 может быть независимо наполнена инертным газом, таким как аргон. Каждая из камер 110, 120 и 140 может быть независимо наполнена воздухом. Впускной поток в любую из камер 110, 120 и 140 может находиться в диапазоне от примерно 100 до примерно 1500 л/мин. Поток в камеры может регулироваться регулятором массового расхода. Давление внутри камеры регулируется закрытым контуром с помощью открытия и закрытия выпускного клапана. Например, закрытие всех вентиляционных отверстий, соединенных с вакуумом, при одновременном открытии по меньшей мере одного вентиляционного отверстия, соединенного с подачей инертного газа, может увеличить давление внутри камеры. Продолжительность замены атмосферы воздуха внутри камеры инертным газом для получения определенного уровня кислорода варьируется в зависимости от размеров камеры, а также в зависимости от количества оборудования внутри камеры, которое занимает определенный объем, в противном случае занимаемый внутри камеры газом.

В каждой из камер 110, 120 и 140 могут независимо поддерживаться условия вакуума. Атмосфера каждой камеры 110, 120 и 140 может быть независимо разряжена. Вентиляционные отверстия, используемые для вывода атмосферы камер 110, 120 и 140, могут работать при любом подходящем расходе. Расход может быть определен мощностью используемого вентилятора. Например, вентиляционные отверстия вывода могут работать при 3000-6000 см<sup>3</sup>/ч. В одном варианте осуществления мощность вентилятора может составлять 4500 см<sup>3</sup>/ч. Аналогичным образом, впускные вентиляционные отверстия, впускающие инертный, благородный или другой газ внутрь камер 110, 120 и 140, могут работать при любом подходящем расходе. В некоторых случаях максимальный впускной поток любой из камер 110, 120 и 140

составляет 1500 л/мин. Для регулирования впускного потока инертного газа, или другого газа, или воздуха в любую из камер может использоваться регулятор массового расхода. Впускной поток может быть в диапазоне от примерно 10 до примерно 1500 л/мин или от примерно 100 до 1500 л/мин. Давление внутри любой из камер может быть системой, управляемой по замкнутому контуру, в которой давление может регулироваться открытием и закрытием клапана выпуска. Указанная система может иметь режим ожидания, в котором давление и уровень кислорода системы поддерживаются. Во время режима ожидания может поддерживаться низкий поток инертного газа или другого газа в любую из камер, например поток в диапазоне от примерно 10 до примерно 100 л/мин. Он может быть модифицирован за счет регулировки выпускного клапана на увеличение или уменьшение потока через клапан выпуска. Впускной и выпускной вентиляционные отверстия могут также работать взаимозаменяемо. Впускные вентиляционные отверстия могут работать как выпускные вентиляционные отверстия, а выпускные вентиляционные отверстия могут работать как впускные вентиляционные отверстия. Указанные вентиляционные отверстия также могут иметь клапаны, регулирующие расход газа через указанные вентиляционные отверстия, и таким образом регулировать получающееся давление внутри камеры. Камера может содержать устройства контроля давления, и в ответ на информацию от устройства контроля давления клапан вентиляционного отверстия, соединенный с источником инертного газа, может открываться или закрываться для регулирования давления внутри камеры.

Температура и давление каждой камеры 110 и 120 могут независимо регулироваться и поддерживаться. В некоторых вариантах осуществления, в которых в качестве атмосферы внутри камерной системы 100 используется инертный газ, который является более тяжелым, чем воздух, грузовые/разгрузочные камеры 110 и 120 могут содержать одно или более вентиляционных отверстий, которые впускают инертный газ или газовую смесь, расположенные в нижней части камер, и одно или более вентиляционных отверстий, соединенных с вакуумом для вывода воздуха или других более легких газов, расположенных в верхней части камер. Таким образом, более тяжелый инертный газ выпускается с низа, а более легкая атмосфера, например воздух, вентилируется из верхней части камер. Каждое вентиляционное отверстие может иметь соединение с коллектором, обеспечивающее соединение вентиляционного отверстия с несколькими разными источниками с разными газами, а также с источником вакуума. Указанный коллектор содержит канавки для регулирования того, какой источник будет доступен вентиляционному отверстию в определенный момент времени. Это создает более эффективную систему для полного опорожнения и замены атмосферы инертным газом. Аналогично, если должен быть заменен более тяжелый инертный газ или газовая смесь более легкой атмосферой, такой как воздух, нижние вентиляционные отверстия могут использоваться для вывода инертного газа, а верхние вентиляционные отверстия могут использоваться для впуска более легкой атмосферы. В некоторых вариантах осуществления одно или более вентиляционных отверстий может располагаться в полу. В некоторых вариантах осуществления одно или более нижних вентиляционных отверстий может располагаться внизу стенок камеры, немного выше пола. При этом в других вариантах осуществления одно или более нижних вентиляционных отверстий может располагаться как на полу, так и в нижней части стенок камеры. В некоторых вариантах осуществления одно или более верхних вентиляционных отверстий может располагаться в потолке камеры. В некоторых вариантах осуществления одно или более верхних вентиляционных отверстий расположены в верхней части стенок камеры, немного ниже потолка камеры. В некоторых вариантах осуществления одно или более верхних вентиляционных отверстий расположены в потолке и в верхней части стенок камеры, немного ниже потолка камеры. Каждое из нижнего и верхнего вентиляционных отверстий может независимо быть оборудовано вентилятором.

При использовании одного или более вентиляционных отверстий для вывода газа или атмосферы из камер 110 и 120 каждое вентиляционное отверстие может быть соединено с отдельными вакуумными насосами. В альтернативном варианте каждое вентиляционное отверстие может быть соединено с общим вакуумным насосом, используемым для всей камерной системы 100. Каждое вентиляционное отверстие может соединяться со своим собственным независимо управляемым клапаном. В альтернативном варианте два или более вентиляционных отверстия, используемых для вывода воздуха из камеры 110, могут быть соединены с вакуумом посредством общего независимо управляемого клапана. Аналогично два или более вентиляционных отверстия, используемых для вывода воздуха из камеры 120, могут быть соединены с вакуумом посредством общего независимо управляемого клапана. В альтернативном варианте все верхние вентиляционные отверстия камеры 110 могут быть соединены с вакуумом посредством первого общего независимо работающего клапана, а все нижние вентиляционные отверстия камеры 110 могут быть соединены с вакуумом посредством второго общего независимо работающего клапана. Верхние и нижние вентиляционные отверстия в камере 120 могут похожим образом быть соединены с вакуумом, как это сделано в камере 110.

Вентиляционные отверстия, используемые для впуска инертного газа, газовой смеси, воздуха или другой атмосферы в камеры 110 и 120, могут быть организованы похожим образом, как это сделано для вентиляционных отверстий, используемых для вывода воздуха из камер 110 и 120. Например, каждое вентиляционное отверстие может быть соединено с независимым источником. В альтернативном варианте два или более вентиляционных отверстия могут быть соединены с общим источником. В последнем

варианте осуществления каждым вентиляционным отверстием можно независимо управлять независимо управляемым клапаном. В альтернативном варианте два или более вентиляционных отверстия камеры 110 могут быть соединены с общим независимо управляемым клапаном. Аналогичным образом два или более вентиляционных отверстия камеры 120 могут быть соединены с общим независимо управляемым клапаном. В альтернативном варианте все верхние вентиляционные отверстия камеры 110 могут быть соединены с общим источником посредством первого общего независимо управляемого клапана, а все нижние вентиляционные отверстия камеры 110 могут быть соединены посредством второго общего независимо управляемого клапана. Верхние и нижние вентиляционные отверстия в камере 120 могут по-хожим образом быть соединены с одним или более источниками, как это сделано в камере 110.

Каждая загрузочная/разгрузочная камера 110 и 120 может быть оборудована устройством регулирования температуры. Устройство регулирования температуры каждой камеры 110 и 120 может быть независимо управляемым. Устройство регулирования температуры может включать электрический нагреватель, газовый нагреватель, теплообменник, электрическую систему охлаждения, холодильную систему, охлаждающую установку или комбинацию вышеописанного. Каждая камера 110 и 120 может быть также оборудована одним или более термометрами, термодарами или другими измерительными устройствами или их комбинацией для определения температуры камеры. Измерительные устройства температуры и устройство регулирования температуры могут быть соединены с соответствующей системой управления, которая управляет камерой, на которую они оказывают эффект.

Каждая загрузочная/разгрузочная камера 110 и 120 может быть также оборудована одним или более датчиками давления, датчиками вакуума или их комбинацией. Указанные датчики могут быть соединены с соответствующей системой управления, которая управляет камерой, в которой они проводят измерения.

Каждая загрузочная/разгрузочная камера 110 и 120 может быть соответственно оборудована механизмом 113 и 123 переноса, каждый из которых выполнен с возможностью приема удерживающей подложки и переноса удерживающей подложки в камеру 130 нанесения. Механизм 113 и 123 переноса может быть выполнен с возможностью доставать деталь из камеры 130 нанесения и переносить ее в другое место, например в рабочее пространство, расположенное вне камеры.

В качестве механизма 113 и 123 переноса может использоваться любой механизм переноса, способный выдержать вес удерживающей подложки и детали, а также атмосферу, температуру и давление камеры. В некоторых вариантах осуществления механизмом переноса может быть конвейер. В некоторых вариантах осуществления конвейер может содержать конвейерную ленту, цепной конвейер или другую механическую конвейерную систему. Конвейер может включать набор приводов и колес, способных удерживать и переносить удерживающую подложку или деталь. В некоторых вариантах осуществления механизм 113 и 123 переноса может также содержать набор механических и/или гидравлических стрел, помогающих в переносе, поднятии или позиционировании удерживающей подложки или детали. В некоторых вариантах осуществления механизм 113 и 123 переноса может также включать набор колес, проходящих до актуатора 131 внутри камеры 130 нанесения. В некоторых вариантах осуществления пары выдвижных стрел с колесами спроектированы так, чтобы доходить до актуатора 131. Колеса в выдвижных стрелах могут быть спроектированы с возможностью их размещения под удерживающей подложкой или деталью и дальнейшего подъема указанной удерживающей подложки или детали, и размещения их либо на актуаторе 131 или возвращения обратно на механизм 113 или 123 переноса.

К примеру, как показано на фиг. 5А и 5В, механизм 113 переноса может включать пару параллельных цепных конвейеров 171 и 172, которые могут функционировать как стрелы, которые могут быть полностью выдвинуты в загрузочную/разгрузочную камеру 110 и могут проходить внутрь камеры 130 нанесения, достигая треков 132 и 133. Треки 132 и 133, которые могут быть выполнены с возможностью ортогонального перемещения относительно друг друга, могут расположить актуатор 131 перед дверью 112. Когда актуатор 131 находится в нужном положении, пара цепных конвейеров 171 и 172, составляющих механизм 113 переноса, протягиваются из камеры 110 с одним цепным конвейером на одной стороне актуатора 131 и другим цепным конвейером на другой стороне актуатора, как показано в примере, изображенном на фиг. 5А. Активация механизма 113 переноса перемещает удерживающую подложку из камеры 110 и может расположить удерживающую подложку над актуатором 131. Актуатор 131 входит во взаимодействие с удерживающей подложкой, например поднимает удерживающую подложку относительно механизма 113 переноса, так что удерживающая подложка больше не находится во взаимодействии с механизмом 113 переноса. Больше не находящийся во взаимодействии механизм 113 переноса задвигается обратно в камеру 110, как показано на фиг. 5В. Когда механизм 113 переноса убран, треки 132 и 133 могут расположить актуатор 131 с присоединенной удерживающей подложкой в необходимое положение относительно аппарата 150 нанесения для того, чтобы он был подвергнут изготовлению твердого тела произвольной формы. Удерживающая подложка, или материал основы, может перемещаться актуатором 131 на протяжении всего процесса нанесения. После завершения процесса нанесения деталь может быть перенесена обратно в загрузочную/разгрузочную камеру по-хожим образом, как это было сделано при загрузке. Например, актуатор 131, несущий деталь, может расположиться перед дверью, ведущей в загрузочную/разгрузочную камеру, а механизм 113 переноса может снова вытянуть стрелы

171 и 172 из загрузочной/разгрузочной камеры в камеру нанесения и поднять деталь от актуатора 131. Механизм 113 переноса может затем перенести деталь в загрузочную/разгрузочную камеру, задвигаясь в загрузочную/разгрузочную камеру и при этом поддерживая деталь. В некоторых вариантах осуществления набор колесиков или похожая конструкция для опоры и переноса (не показана) может быть представлена во внешнем пространстве от камер 110 и 120, недалеко от дверей 111 и 121, для помощи в загрузке и разгрузке удерживающей подложки и деталей.

В некоторых вариантах осуществления загрузочные/разгрузочные камеры 110 и 120 находятся в таких же атмосферных условиях, что и камера 130 нанесения, когда находятся в сообщении с камерой 130 нанесения. Поэтому, если камера 130 нанесения, например, функционирует в условиях атмосферы инертного газа, загрузочные/разгрузочные камеры 110 и 120 также функционируют в условиях атмосферы инертного газа, когда находятся в атмосферном сообщении с камерой 130 нанесения. В таких вариантах осуществления атмосфера инертного газа может включать аргон или аргоно-гелиевую смесь.

Любая одна или более дверей, обеспечивающих доступ к загрузочным/разгрузочным камерам 110 и 120, может быть оборудована одним или более датчиками, способными определять, когда некая конкретная дверь открыта или закрыта. Один или более датчиков могут быть соединены с системой управления, управляющей аппаратом 150 нанесения. В некоторых вариантах осуществления, если один из одного или более датчиков определяет, что любая одна или более дверей загрузочных/разгрузочных камер 110 и 120 открыта, когда одна или более дверей должны быть закрыты, или если одна или более дверей недостаточно герметично закрыты по сравнению с тем, как они должны быть закрыты, один или более датчиков могут сообщить об этом одной или более системам управления камерной системы 100. Одна или более систем управления может отправить сигнал аппарату 150 нанесения для остановки процесса изготовления, если он происходит, или для предупреждения начала этого процесса. Один или более датчиков могут также запустить звуковую сигнализацию, такую как сирена, речевой оповещающий сигнал и/или сигнал бипера, визуальную сигнализацию, такую как вспышки света, мигание светоизлучающих элементов внутри одной или более камер, экранное оповещение на одной или более систем управления или комбинацию вышеуказанного.

Камера нанесения.

В некоторых вариантах осуществления камерная система 100 содержит по меньшей мере одну камеру 130 нанесения. Камера 130 нанесения может быть достаточно большой, чтобы вмещать все необходимое оборудование для производства детали, используя способ изготовления твердого тела произвольной формы. В некоторых вариантах осуществления камера 130 нанесения является наибольшей из камер, образующих камерную систему 100. Камера 130 нанесения является камерой, в которой осуществляется изготовление твердого тела произвольной формы. Камера 130 нанесения может быть спроектирована выдерживать условия, необходимые для изготовления твердого тела произвольной формы. В некоторых вариантах осуществления изготовление твердого тела произвольной формы осуществляют, используя плазменную дугу прямого действия. В частности, в некоторых вариантах осуществления изготовление твердого тела произвольной формы может быть осуществлено с использованием двух горелок плазменной дуговой сварки прямого действия. В альтернативных вариантах осуществления в изготовлении твердого тела произвольной формы может использоваться электронно-лучевое нанесение. В альтернативном варианте в изготовлении твердого тела произвольной формы может использоваться селективное лазерное спекание. Камера нанесения может быть спроектирована и сконструирована так, что внутри камеры 130 нанесения может быть осуществлен любой способ изготовления твердого тела произвольной формы или любая комбинация способов многослойного изготовления. В качестве иллюстрации камера 130 нанесения описана здесь в отношении способа изготовления твердого тела произвольной формы плазменной дуговой сваркой прямого действия.

В некоторых вариантах осуществления способ изготовления твердого тела произвольной формы может включать подвижный аппарат 150 нанесения. Степень подвижности аппарата 150 нанесения может быть рассчитана в зависимости от требований. В некоторых вариантах осуществления аппарат 150 нанесения сделан на роботизированном, механическом и/или гидравлическом устройстве наподобие стрелы, способном перемещать аппарат нанесения в любом направлении во время процесса изготовления. Например, в случае изготовления, предусматривающем использование плазменной дуги прямого действия, одна или более плазменных горелок дуги прямого действия могут быть соединены с одной или более механическими стрелами, способными перемещать указанные плазменные горелки дуги прямого действия по необходимости для формирования детали. В альтернативном варианте движение аппарата 150 нанесения может быть ограничено только одной осью. В других вариантах осуществления движение аппарата 150 нанесения может быть ограничено двумя осями. К примеру, как показано на фиг. 1 и 2, движение аппарата 150 нанесения может быть ограничено движением вперед-назад по той же линии, что и подаваемая проволока 160. В показанном примере аппарат 150 нанесения может входить в соединение с треком, рельсом или конвейерной системой. Трек, рельс или конвейерная система могут быть расположены, например, на потолке камеры 130 нанесения. В альтернативном варианте трек, рельс или конвейерная система могут быть расположены вдоль стенки камеры 130 нанесения. В альтернативном варианте трек, рельс или конвейерная система могут быть расположены на полу камеры 130 нанесения. В некото-



рых вариантах осуществления аппарат 150 нанесения может быть соединен более чем с одним треком, рельсом или конвейерной системой, расположенными на одном или более элементах: потолке, стенках и/или полу камеры 130. В альтернативных вариантах осуществления аппарат 150 нанесения может быть зафиксированным и неподвижным, в этом случае перемещается деталь. В альтернативном варианте аппарат 150 нанесения способен перемещаться исключительно в вертикальном направлении или направлении Z. В альтернативном варианте аппарат 150 нанесения может перемещаться в вертикальном направлении, т.е. вверх и вниз, а также перемещаться из камеры нанесения в камеру обслуживания по одному или более трекам, рельсам и/или конвейерным системам, как те, что описаны выше.

Для перемещения аппарата 150 нанесения может использоваться любая комбинация моторов, приводов, колес, полиспастов и конвейеров. На аппарате 150 нанесения могут быть предусмотрены любые моторы, приводы, колеса, полиспасты и конвейеры. В альтернативном варианте они могут быть предусмотрены внутри или снаружи камеры 130 нанесения. В некоторых вариантах осуществления некоторые из моторов, приводов, колес, полиспастов и конвейеров предусмотрены на аппарате 150 нанесения, а некоторые предусмотрены либо внутри, либо снаружи камеры 130 нанесения. Движением аппарата 150 нанесения могут управлять с помощью системы управления, связанной с камерой 130 нанесения. В альтернативном варианте управление движением аппарата 150 нанесения может осуществляться посредством независимой системы управления. Система управления движением аппарата 150 нанесения может быть ручной, автоматизированной или представлять собой комбинацию вышеперечисленного.

В некоторых вариантах осуществления камера 130 нанесения также содержит актуатор 131. Актуатор 131 может использоваться для удержания удерживающей подложки или материала основы во время изготовления объекта. Актуатор 131 может быть спроектирован с возможностью перемещения удерживающей подложки, материала основы или детали в нескольких направлениях. В альтернативных вариантах актуатор 131 может быть спроектирован с возможностью оставаться в фиксированном положении. В некоторых вариантах осуществления актуатор 131 способен перемещаться в нескольких направлениях, в то время как аппарат 150 нанесения остается в фиксированном положении во время процесса изготовления. В альтернативном варианте оба - аппарат 150 нанесения и актуатор 131 перемещаются во время процесса изготовления. В другом альтернативном варианте аппарат 150 нанесения перемещается во время процесса изготовления, в то время как актуатор 131 остается в фиксированном положении. За счет перемещения аппарата 150 нанесения и/или актуатора 131 может быть определен рисунок нанесения для завершения 3D объекта или детали посредством нанесения последовательных слоев из металлического материала, полученного за счет расплавления металлической проволоки.

Актуатор 131 может быть размещен на трековой системе, позволяющей актуатору перемещаться в любом необходимом направлении. Механизм, используемый для перемещения актуатора, не стоит рассматривать в ограничительном ключе. В вариантах осуществления, изображенных на фиг. 1 и 2, актуатор 131 может быть размещен на первом треке 132, способном перемещать актуатор 131 вдоль первой оси. Сам трек 132 может быть расположен на втором треке 133, способном перемещать трек 132 и поэтому и актуатор 131 вдоль второй оси. В предпочтительном варианте осуществления ось движения трека 132 перпендикулярна оси движения трека 133. В представленной конструкции актуатор способен совершать любое движение, включая поворот в 360°. Актуатор 131 может быть также оборудован подъемной или опускающей стрелой, или поршнем, или похожим устройством, способным перемещать актуатор 131 в вертикальном направлении. Треки 132 и 133 и актуатор 131 могут быть сделаны из любого материала, подходящего для давления, температуры, атмосферы и удержания удерживающей подложки или детали во время изготовления твердого тела произвольной формы. В некоторых вариантах осуществления треки 132 и 133 и актуатор 131 сделаны из одного и того же материала. В альтернативных вариантах осуществления актуатор 131 сделан из материала, отличающегося от материала треков 132 и 133. В альтернативном варианте каждый элемент: треки 132 и 133 и актуатор 131 сделаны из различных материалов. Примерами материалов, которые могут использоваться, могут служить металлы, такие как алюминий, сплавы алюминия и сталь.

Кроме того, любой один или более элементов, включая актуатор 131, треки 132 и 133, могут быть оборудованы системой нагрева или охлаждения. В некоторых вариантах осуществления один или более элементов, включая актуатор 131, треки 132 и 133, оборудованы теплообменником. В некоторых вариантах осуществления один или более элементов, включая актуатор 131, треки 132 и 133, оборудованы нагревательным устройством. В некоторых вариантах осуществления один или более элементов, включая актуатор 131, треки 132 и 133, оборудованы охладителем или системой охлаждения, предусматривающей наличие охлаждающего флюида. Охлаждающий флюид может быть воздухом, инертным газом, или водой, или другими подходящими флюидами. Например, примерами охлаждающих флюидов, представляющих собой жидкости, могут служить вода, алкиленгликоль (например, этиленгликоль или пропиленгликоль), минеральное масло, кремниевое масло или комбинация вышеперечисленного. В некоторых вариантах применения охлаждающий флюид включает воду и алкиленгликоль. Охлаждающий флюид на холодной стороне теплообменника может быть выбран в диапазоне температур от 5 до примерно 25°C.

Треки 132 и 133 могут управляться любой комбинацией моторов, приводов, полиспастов или похожих механизмов. Движением актуатора 131 может управлять система управления. Система управления

может быть ручной или автоматизированной. Система управления для актуатора 131 может быть той же системой, что управляет камерой 130 нанесения. В альтернативном варианте актуатор 131 может иметь свою собственную независимую систему управления.

Атмосфера, температура и давление камеры 130 нанесения могут подвергаться мониторингу, могут изменяться и регулироваться тем же способом, что описан выше в отношении загрузочных/разгрузочных камер 110 и 120. Например, камера 130 нанесения может быть оборудована одним или более датчиками давления для осуществления мониторинга давления внутри камеры 130. Датчики давления могут находиться в соединении с системой управления, управляющей камерой 130. Кроме того, камера 130 нанесения может быть оборудована устройствами регулирования температуры. Устройства регулирования температуры могут включать электрический нагреватель, газовый нагреватель, теплообменник, охладитель, электрическую охлаждающую систему или комбинацию вышеуказанного. Камера 130 нанесения может быть оборудована одним или более термометрами, термомпарами или другими датчиками температуры или их комбинацией для определения температуры камеры. Датчики температуры и устройства регулирования температуры могут быть соединены с системой управления, управляющей камерой 130 нанесения.

Камера 130 нанесения может быть оборудована своей собственной независимой системой вентиляции. Камера 130 нанесения может независимо наполняться инертным газом, таким как аргон. Камера 130 нанесения может независимо наполняться воздухом. В камере 130 нанесения могут независимо поддерживаться условия вакуума. Атмосфера в камере 130 нанесения может независимо быть разряжена. Температура и давление камеры 130 нанесения могут независимо регулироваться и поддерживаться. Как показано на фиг. 4, в вариантах осуществления, в которых в качестве атмосферы во время процесса изготовления твердого тела произвольной формы используется инертный газ или газовая смесь, которые являются более тяжелыми, чем воздух, камера 130 нанесения может содержать одно или более вентиляционных отверстий 310 для вакуума или инертного газа в нижней части камеры и одно или более вентиляционных отверстий 320 для вакуума или легкого газа в верхней части камеры. За счет этого более тяжелый инертный газ выпускается или выводится снизу, а более легкая атмосфера, например воздух, может выпускаться или выводиться из верхней части камеры. Это предоставляет более эффективную систему для полного опорожнения и замены атмосферы. Для предупреждения образования зон застаивания воздуха пол 330 камеры 130 нанесения может быть искривлен. Как, например, показано на фиг. 4, пол 330 может иметь стороны, наклоненные вниз, идущие к каждой стенке камеры. В альтернативном варианте пол 330 может иметь только одну или две стороны, наклоненные вниз.

Вентиляционные отверстия, используемые для вывода атмосферы камеры 130 нанесения, могут функционировать при любом подходящем расходе в зависимости от мощности используемого вентилятора. Например, выпускные вентиляционные отверстия могут функционировать при расходе от 3000 до 6000 см<sup>3</sup>/ч. В одном из вариантов осуществления мощность вентилятора составляет 4500 см<sup>3</sup>/ч. Аналогично, вентиляционные отверстия впускают инертный или другой газ или воздух внутрь камеры 130 нанесения при любом подходящем расходе. В некоторых вариантах осуществления максимальный впускной поток в камеру 130 нанесения составляет 1500 л/мин. Для регулирования впускного потока инертного газа или другого газа или воздуха в камеру может использоваться контроллер массового расхода. Впускной поток может быть в диапазоне от 10 до примерно 1500 л/мин или от 100 до 1500 л/мин. Давление внутри камеры может быть системой, управляемой по замкнутому контуру, в которой давление может регулироваться открытием и закрытием выпускного клапана. В указанной системе может быть предусмотрен холостой режим, в котором система поддерживается при необходимом давлении и уровне кислорода. Во время холостого режима может поддерживаться низкий поток инертного газа или другого газа в камеру, например поток в диапазоне от примерно 10 до примерно 100 л/мин. Он также может быть изменен за счет регулирования клапана выпуска для увеличения или уменьшения потока через выпускной клапан.

В некоторых вариантах осуществления одно или более вентиляционных отверстий 310, используемых для впуска и вывода газа или атмосферы газовой смеси, могут быть расположены в полу. Как показано на фиг. 4, в некоторых вариантах осуществления одно или более вентиляционных отверстий 310 могут быть расположены внизу стенок камеры, немного выше пола. Например, вентиляционные отверстия 310 могут быть расположены на одном или более углах камеры 130 нанесения, немного выше места, где наклоненные вниз стороны пола 330 соединяются со стенками камеры. В альтернативных вариантах осуществления одно или более вентиляционных отверстий 310 могут быть расположены и в полу, и в нижней части стенок камеры. Вентиляционные отверстия 310 могут быть оборудованы вентиляторами. Вентиляционные отверстия могут быть выбраны так, чтобы были обеспечены необходимая скорость (обороты в минуту) и поток воздуха (м<sup>3</sup>/ч), и расположены так, чтобы работа вентилятора минимизировала впуск любой атмосферной турбулентности внутрь камеры из-за работы вентиляторов.

В некоторых вариантах осуществления одно или более вентиляционных отверстий 320, используемых для впуска и вывода атмосферы в виде легкого газа, такого как воздух, расположены в потолке камеры. В некоторых вариантах осуществления одно или более вентиляционных отверстий 320 расположены в верхней части стенок камеры, немного ниже потолка камеры. В некоторых вариантах осуществ-

ления одно или более вентиляционных отверстий 320 расположены как в потолке, так и в верхней части стенок камеры, немного ниже потолка камеры. Вентиляционные отверстия 320 могут быть оборудованы вентилятором.

Вентиляционные отверстия камеры 130 нанесения могут быть соединены с отдельными вакуумными насосами. В альтернативном варианте вентиляционные отверстия камеры 130 нанесения могут быть соединены с помощью независимо управляемых клапанов с одним насосом, используемым для всей камерной системы 100. Каждое вентиляционное отверстие может быть соединено с вакуумом посредством своего собственного независимо управляемого клапана. В альтернативном варианте два или более вентиляционных отверстия камеры 130 нанесения могут быть соединены с вакуумом посредством общего независимо управляемого клапана. Например, все верхние вентиляционные отверстия камеры 130 нанесения могут быть соединены с вакуумом посредством первого общего независимо управляемого клапана, а все нижние вентиляционные отверстия камеры 130 нанесения могут быть соединены с вакуумом посредством второго общего независимо управляемого клапана. Давление внутри камеры может регулироваться открытием или закрытием указанных клапанов. Например, за счет закрытия вентиляционных отверстий, соединенных с вакуумом, и за счет открытия вентиляционных отверстий, соединенных с инертным газом, можно повысить давление. И наоборот, за счет закрытия вентиляционных отверстий, соединенных с инертным газом, и за счет открытия вентиляционных отверстий, соединенных с вакуумом, можно понизить давление.

Вентиляционные отверстия камеры 130 нанесения могут быть похожим образом организованы относительно источников газа. Например, каждое вентиляционное отверстие может быть соединено с независимым источником газа. В альтернативном варианте два или более вентиляционных отверстия могут быть соединены с общим источником газа. В последнем варианте осуществления каждое вентиляционное отверстие может независимо управляться независимо управляемым клапаном. В альтернативном варианте два или более вентиляционных отверстия камеры 130 нанесения могут быть соединены с источником посредством общего независимо управляемого клапана. Например, все верхние вентиляционные отверстия могут быть соединены с первым источником газа посредством первого общего независимо управляемого клапана, а все нижние вентиляционные отверстия могут быть соединены со вторым источником газа посредством второго общего независимо управляемого клапана. Нижние и верхние вентиляционные отверстия могут быть также все соединены с общим источником газа, при этом каждая группа вентиляционных отверстий может управляться одним или более независимо управляемыми клапанами.

В качестве дополнительных средств управления температурой внутри камеры 130 нанесения могут использоваться средства для управления температурой газа внутри камеры. Например, как показано на фиг. 3, камера 130 может быть оборудована системой 200 рециркуляции, которая включает вентилятор 220 и опционно теплообменник 230. Вентилятор 220 может использоваться для впуска газа внутрь камеры 130 нанесения и направления его так, чтобы он проходил через теплообменник 230. Теплообменник 230 может либо охлаждать, либо нагревать газ, проходящий через него, в зависимости от того, что требуется. В одном варианте осуществления теплообменник 230 охлаждает газ, проходящий через него. После прохождения через теплообменник 230 охлажденный газ направляется обратно в камеру 130 нанесения через трубы и систему 240 вентиляционных отверстий. Впускные вентиляционные отверстия могут быть расположены на потолке камеры 130. В альтернативном варианте вентиляционные отверстия могут быть расположены на любой одной или более стенках камеры 130. В альтернативном варианте впускные отверстия могут быть расположены на полу камеры 130. В некоторых вариантах осуществления впускные вентиляционные отверстия могут быть расположены в более чем одном месте: на потолке, стенках камеры и полу камеры 130 нанесения. Расходом через систему 200 рециркуляции может управлять вентилятор 220. В некоторых вариантах осуществления вентилятор 220 имеет мощность, варьирующуюся от 3000 до 6000 см<sup>3</sup>/ч. В одном из вариантов осуществления вентилятор 220 имеет мощность в 4500 см<sup>3</sup>/ч. Поток воздуха можно контролировать и регулировать так, чтобы достигались необходимые условия внутри камеры. Вентиляторы могут быть выбраны так, чтобы были обеспечены необходимая скорость (обороты в минуту) и поток воздуха (см<sup>3</sup>/ч). Они могут быть расположены так, чтобы работа вентилятора минимизировала впуск любой атмосферной турбулентности внутрь камеры из-за работы вентиляторов. В некоторых применениях вентиляторы могут отключать во время процесса нанесения.

Систему 200 рециркуляции можно использовать независимо от любой другой системы вентиляции камеры 130. Средства управления системы 200 рециркуляции могут быть ручными, автоматизированными или комбинацией вышеперечисленного. В некоторых вариантах осуществления система управления, действующая на камеру 130, может также управлять системой 200 рециркуляции. В альтернативном варианте система 200 рециркуляции может иметь свою собственную систему управления. В некоторых вариантах осуществления во время изготовления твердого тела произвольной формы для изменения или лучшего управления температурой камеры 130 нанесения во время операции могут использоваться система 200 рециркуляции. Например, система 200 рециркуляции может быть использована для охлаждения атмосферы внутри камеры 130 нанесения во время изготовления произвольной формы плазменной дуговой сваркой прямого действия. Охлаждение камеры 130 нанесения во время операции обладает положи-

тельным эффектом, заключающимся в том, что охлаждение предотвращает перегрев камеры 130 нанесения. Это также может предупредить перегрев оборудования, расположенного в камере 130 нанесения. Это также может предупредить перегрев камерной системы 100 в целом или, по меньшей мере, прилегающих камер.

Как показано на фиг. 1, в некоторых вариантах осуществления камера 130 нанесения предпочтительно оборудована по меньшей мере одним окном 135. Может быть сделано больше чем одно окно. Окно позволяет оператору осуществлять мониторинг процесса изготовления твердого тела произвольной формы. Окно также позволяет оператору осуществлять мониторинг оборудования, расположенного внутри камеры 130 нанесения. Одно или более окон 135 могут образовывать любую часть стенки камеры, в которой они сделаны. Например, окно 135 может занимать целую стенку камеры. В альтернативном варианте окно 135 может занимать около трех четвертей стенки камеры. В альтернативном варианте окно 135 может занимать около половины стенки камеры. В альтернативном варианте окно 135 может занимать около четверти стенки камеры.

Как обсуждалось выше, порталы наблюдения, такие как окна, могут быть выполнены из подходящего прозрачного материала. Примером прозрачных материалов может служить стекло, акриловый материал или термопластические полимеры. В некоторых вариантах осуществления портал наблюдения может быть сделан из акрилового материала, такого как поли(метилметакрилат). В альтернативном варианте портал наблюдения может быть сделан из стекла. В некоторых вариантах осуществления портал наблюдения сделан из известково-натриевого стекла. Стекло может быть покрыто одним или более слоями прозрачного оксида металла, который может отражать определенные длины волн электромагнитного излучения. В некоторых вариантах осуществления стекло может отражать инфракрасное электромагнитное излучение. В некоторых вариантах осуществления стекло может отражать ультрафиолетовое электромагнитное излучение. Стекло может присутствовать в виде одного слоя или может быть использовано несколько слоев стекла. В некоторых вариантах осуществления используют по меньшей мере два слоя стекла, отделенных некоторым пространством. Пространство между двумя слоями стекла может быть заполнено инертным газом. В некоторых вариантах осуществления пространство между двумя слоями стекла заполнено аргоном. Такая конфигурация способна предотвратить прохождение через окно около 85% ультрафиолетового излучения. В некоторых вариантах осуществления используют по меньшей мере два слоя стекла, а между указанными двумя слоями стекла присутствует промежуточный слой в виде полимерной пленки, что образует слоистое стекло. Полимерная пленка может быть выполнена из любого полимерного материала, такого как поливинилбутираль (PVB), этилен-винил-ацетат (EVA). Слоистое стекло способно предотвратить прохождение через окно около 100% ультрафиолетового излучения.

В альтернативном варианте портал наблюдения может быть сделан из термопластичного полимера. Например, портал наблюдения может быть сделан из поликарбоната, акрилопласта или полиэтиленового терефталата. Термопластик может быть в виде одного слоя. Могут также сделать два или более листа, предусматривающих наличие пространства между указанными листами, которое опционно может быть заполнено аргоном. В качестве альтернативы портал наблюдения может быть сделан из слоистого пластика с включением промежуточного слоя в виде полимерной пленки между двумя листами термопластичного полимера. Материал, используемый для одного или более порталов наблюдения одной камеры, может быть таким же или отличаться от материала, используемого для одного или более окон наблюдения любой другой камеры. Также разные порталы наблюдения одной камеры могут быть сделаны из одного и того же материала или разных материалов.

Кроме этого, портал наблюдения камеры 130 нанесения может быть также оборудован одним или более экранами наблюдения, в случае такой необходимости. Например, в вариантах осуществления, в которых для изготовления твердого тела произвольной формы используется плазменная дуга прямого действия, невозможно или очень сложно осуществлять мониторинг дуги незащищенными глазами. Фактически, когда предпринимается попытка наблюдения за процессом незащищенными глазами, это может привести к повреждению глаза из-за электромагнитного излучения, испускаемого дугой. Соответственно экран наблюдения в виде фильтровальных линз с номером затемнения, который предоставляет достаточный уровень защиты, может быть размещен в необходимом месте на одном или более окнах 135. В некоторых вариантах осуществления фильтровальные линзы с подходящим номером затемнения покрывают все окно 135. В альтернативных вариантах в случае такой необходимости подходящий номер затемнения может быть предусмотрен в одном или более местах на окне 135. Кроме того, в разных местах окна 135 могут быть предусмотрены разные номера затемнения вне зависимости от того, используются ли одиночные фильтровальные линзы на всем окне 135 или в разных местах расположены несколько фильтровальных линз. В некоторых вариантах осуществления номер затемнения может варьироваться между 5 и 15. В некоторых вариантах осуществления номер затемнения в одном или более местах может быть равным 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 или 15.

Фильтровальные линзы могут быть сделаны из любого подходящего материала. Примером такого материала может служить стекло, акриловые полимеры и термопластические полимеры. В некоторых вариантах осуществления фильтровальные линзы могут быть сделаны из акрилового материала, такого как поли(метилметакрилат). В альтернативном варианте фильтровальные линзы могут быть сделаны из

стекла. В некоторых вариантах осуществления фильтровальные линзы сделаны из известково-натриевого стекла. В альтернативных вариантах осуществления фильтровальные линзы сделаны из поликарбоната. Фильтровальные линзы могут быть прикреплены непосредственно к одному или более окнам 135. В альтернативном варианте фильтровальные линзы могут быть использованы для формирования одного или более окон 135. В альтернативных вариантах фильтровальные линзы могут быть интегрированы в одно или более окон 135. В альтернативных вариантах фильтровальные линзы могут быть отдельно стоящими и могут располагаться перед окном 135. В некоторых вариантах осуществления на одном или более окнах 135 фильтровые линзы не предусмотрены.

Как было описано выше, камера 130 нанесения, как и любая из других камер, может быть также оборудована одной или более камерами для осуществления мониторинга камеры 130. Для мониторинга процесса изготовления в камере 130 нанесения может использоваться одна или более камер. Видеокамеры может осуществляться запись видео. Видео также может транслироваться в онлайн режиме на мониторе. Монитор может быть расположен вне камеры 130. Монитор может быть расположен поблизости камеры 130. Монитор может быть расположен на некотором расстоянии от камеры 130. Камера 130 нанесения может быть также оборудована одним или более закрепленными осветительными элементами, как было описано выше, для обеспечения освещенности внутри камеры 130.

Камера 130 нанесения может содержать одну или более дверей. В некоторых вариантах осуществления камера 130 может содержать по меньшей мере одну дверь к загрузочной/разгрузочной камере. В варианте осуществления, показанном на фиг. 1, камера 130 нанесения соединена с двумя загрузочными/разгрузочными камерами 110 и 120 нанесения. Как показано на фиг. 1 между камерой 130 нанесения и одной или более загрузочными/разгрузочными камерами может быть общая стенка. В проиллюстрированном варианте осуществления камера 130 нанесения может иметь общую дверь 112 и 122 с загрузочными/разгрузочными камерами 110 и 120. Двери 112 и 122 уже были описаны в отношении загрузочных/разгрузочных камер 110 и 120. В альтернативном варианте осуществления проход между камерой нанесения и загрузочными/разгрузочными камерами может быть герметично заделан посредством более чем одной двери. Например, могут использоваться две двери, расположенные напротив друг друга. Вне зависимости от того, используется ли одна или более дверей, дверь может иметь такую же конструкцию и быть спроектирована для функционирования по примеру, уже описанному выше, включая материалы и опционно один или более элементов герметизации. В вариантах осуществления, в которых каждая из камер: загрузочная/разгрузочная камера и камера нанесения имеет свою собственную дверь, каждой двери можно управлять независимо. Функционированием двери загрузочной/разгрузочной камеры могут управлять посредством системы управления загрузочной/разгрузочной камеры. Функционированием двери камеры нанесения могут управлять посредством системы управления камеры нанесения. В альтернативном варианте каждая дверь может иметь свою собственную систему управления. В другом альтернативном варианте одна система управления может использоваться для управления обеими дверьми.

Похожая расстановка дверей, как та, что описана выше, между камерой 130 нанесения и одной или более загрузочными/разгрузочными камерами может быть также предусмотрена между камерой 130 нанесения и камерой 140 обслуживания. Альтернативные варианты осуществления герметизирующей двери для камеры 140 обслуживания будут описаны ниже.

Хотя это и не показано, камера 130 нанесения может также иметь дверь, ведущую наружу. Конструкция и элементы такой двери будут такими же и будут спроектированы для такого же функционирования, как и другие двери, описанные здесь, включая материал и опционное использование одного или более элементов герметизации.

Любая одна или более дверей или отверстий, предоставляющих доступ к камере 130 нанесения, может быть оборудована одним или более датчиками для определения того, когда конкретная дверь открыта или закрыта. Один или более датчиков могут быть соединены с системой управления, управляющей аппаратом 150 нанесения. В некоторых вариантах осуществления, если любой один или более датчиков определяют, что любая одна или более дверей, предоставляющих доступ к камере 130 нанесения, открыта в то время, когда она должна быть закрыта, или недостаточно герметично заделана по сравнению с тем, как она должна быть заделана, они сообщают об этом посредством отправки сигнала одной или более системам управления камерной системы 100. В ответ на сигналы, полученные от одного или более датчиков, одна или более систем управления может отправить сигнал аппарату 150 нанесения на остановку процесса изготовления, если процесс изготовления происходит в данный момент, или на предупреждение его старта. Один или более датчиков могут также запустить звуковую сигнализацию, такую как сирена, речевой оповещающий сигнал и/или сигнал бипера, визуальную сигнализацию, такую как вспышки света, мигание светоизлучающих элементов внутри одной или более камер, оповещение на экране на одной или более системах управления или комбинацию вышеперечисленного.

Камера обслуживания.

Камерная система 100 может опционно содержать камеру 140 обслуживания. Камера 140 обслуживания, как и следует из ее названия, может быть использована для обслуживания аппарата 150 нанесения. При этом нет необходимости в доступе к камере 130 нанесения. А кроме того, камера 130 нанесения не подвергается воздействию внешней атмосферы. Возможность поддержания необходимой атмосферы,

вакуум ли это, инертный газ, воздух, или нечто другое, внутри камеры 130, может привести к экономической выгоде и сокращению времени простаивания. Это связано с тем, что замена атмосферы в камере 130 нанесения не требует дополнительной энергии, материалов или времени каждый раз, когда необходимо проведение работ по техническому обслуживанию.

Камера 140 обслуживания может быть любого требуемого размера. В некоторых вариантах осуществления камера 140 обслуживания является достаточно большой для того, чтобы в нее, по меньшей мере, вмещался аппарат 150 нанесения. В некоторых вариантах осуществления камера 140 обслуживания по меньшей мере на 20% больше размера аппарата 150 нанесения. В альтернативном варианте камера 140 обслуживания, по меньшей мере, больше размера аппарата 150 нанесения на примерно 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 300, 400, 500%. Слишком большой размер камеры 140 обслуживания будет требовать слишком большого количества энергии для разрядки и заполнения камеры 140 обслуживания, что может быть затратно. Камера 140 обслуживания может использоваться во избежание финансовых и временных затрат на разрядку и заполнение камеры 130 нанесения, и поэтому размер камеры 140 обслуживания не должен быть гораздо меньше размера камеры 130 нанесения. В некоторых вариантах осуществления размер камеры 140 обслуживания настолько маленький, насколько это возможно, но при этом она вмещает в себя аппарат 150 нанесения и предоставляет достаточно пространства для осуществления, по меньшей мере, некоторых работ по техническому обслуживанию в отсутствие необходимости открытия камеры 140 обслуживания.

Камера 140 обслуживания может быть расположена в любом месте в сообщении с камерой 130 нанесения. В одном из вариантов осуществления камера 140 обслуживания расположена так, что она выровнена относительно середины одной из торцевых стенок камеры 130 нанесения. В одном из вариантов осуществления камера 140 выровнена относительно проволоки, подаваемой к аппарату 150 нанесения. За счет выравнивания камеры 140 обслуживания относительно подаваемой к аппарату 150 нанесения проволоки становится возможным перемещать аппарат 150 нанесения в и из камеры 140 обслуживания, не изгибая подаваемую проволоку 160 и в отсутствие необходимости убирать подаваемую проволоку 160. Это дает преимущество, заключающееся в том, что на подаваемую проволоку 160 не оказывается воздействие, а также не тратится время на то, чтобы убирать и переустанавливать подаваемую проволоку 160 каждый раз при проведении работ по техническому обслуживанию аппарата 150 нанесения.

В некоторых вариантах осуществления камера 140 обслуживания позволяет подаваемой проволоке 160 проходить через отверстие 142, расположенное на дальнем конце камеры 140 обслуживания, из камеры 130 нанесения. Отверстие 142 может быть снабжено средствами для предупреждения попадания наружных атмосферных газов в камеру 140 обслуживания. Такие средства могут быть спроектированы в зависимости от условий работы камерной системы 100. В вариантах осуществления, в которых в камере 130 нанесения поддерживаются условия вакуума, указанные средства могут включать средства герметизации, такие как одна или более уплотнительных прокладок или мембран, которые позволяют подаваемой проволоке 160 проходить через них, поддерживая при этом условия вакуума. В вариантах осуществления, в которых камера 130 нанесения функционирует в атмосфере инертного газа, отверстие 142 может быть оборудовано вентилятором инертного газа. Вентилятор может постоянно выдувать инертный газ из отверстия 142, препятствуя притоку наружных атмосферных газов. Вентилятор может быть любым подходящим вентилятором, а количество выдуваемого инертного газа может быть равным любой величине из подходящего диапазона, которое может препятствовать притоку наружных атмосферных газов. В некоторых вариантах осуществления вентилятор может дуть со скоростью потока, примерно равной 10 л/мин. В альтернативных вариантах осуществления вентилятор может дуть со скоростью потока выше чем 10 л/мин, например 11, 13, 15, 20 л/мин. В некоторых вариантах осуществления вентилятор может дуть с любой скоростью потока, которая создает давление выше давления снаружи камеры, так что предупреждается попадание любых газов в камеру.

Камера 140 обслуживания может быть также оборудована подходящими средствами для проведения работ по техническому обслуживанию аппарата 150 нанесения. Например, как показано на фиг. 1, камера 140 обслуживания может быть оборудована набором перчаток 143, позволяющим оператору работать с аппаратом 150 нанесения без необходимости открытия камеры 140 обслуживания. Таким образом, обслуживание могут предоставлять, не подвергая камеру 140 обслуживания атмосферной коммуникации камеры 140 обслуживания с внешней окружающей средой. Набор перчаток 143 позволяет производить обслуживание, не открывая дверей камеры 140 обслуживания.

Камера 140 обслуживания может быть также оборудована одним или более окнами 146. Окно 146 может позволить оператору наблюдать за аппаратом 150 нанесения, не открывая камеру 140 обслуживания. Например, оператор может использовать одно или более окон 146 для наблюдения за аппаратом 150 нанесения, используя при этом перчатки 143.

Камера 140 обслуживания может быть также оборудована порталом 147 доступа. Указанный портал может быть интегрирован в одно или более окон 146. В альтернативном варианте портал 147 может быть сделан отдельно от одного или более окон 146. Портал 147 может быть спроектирован таким образом, чтобы обеспечить доступ к аппарату 150 нанесения так, чтобы осуществлять работы по техническому обслуживанию аппарата 150 нанесения. Например, портал 147 может использоваться для замены элемен-

тов на аппарате 150 нанесения. Портал 147 может быть спроектирован так, чтобы обеспечивать удаление или установку аппарата 150 нанесения. Как и двери, описанные выше, портал 147 может быть спроектирован так, что он открывается распахиванием или скольжением. Портал 147 может также содержать две панели, которые открываются распахиванием. Портал 147 может быть спроектирован так, чтобы создавать газонепроницаемую герметизацию в условиях, когда портал закрыт. Герметизация может быть обеспечена за счет использования одного или более элементов герметизации, как те, что описаны выше для использования с дверьми. Один или более механизмов давления, такие как петли и/или пружины, также могут быть использованы для приложения давления на портал 147, когда он закрыт, для улучшения его свойств герметизации. Давление может быть снято, когда портал 147 открыт. Портал 147 может также содержать датчик, способный определять, когда портал 147 открыт или закрыт. Указанный датчик может быть соединен с системой управления, управляющей аппаратом 150 нанесения. В некоторых вариантах осуществления, если датчик портала 147 определяет, что портал 147 открыт во время процесса изготовления, система управления может послать сигнал на остановку процесса изготовления.

Аппарат 150 нанесения может быть перенесен из камеры 130 нанесения в камеру 140 обслуживания по трекинговой системе, как та, что описана выше в отношении перемещения аппарата 150 нанесения, будучи внутри камеры 130 нанесения. В некоторых вариантах осуществления трекинговая система размещена на потолке камеры 140 обслуживания. В альтернативном варианте трек может быть размещен на стенках камеры или на дне камеры 140 обслуживания. Трек внутри камеры 140 может быть продолжением трека, представленного в камере 130 нанесения, с которым аппарат 150 нанесения соединен, когда он находится внутри камеры 130 нанесения. В альтернативном варианте трек в камере 140 обслуживания может быть отдельным треком, способным войти в соединение с аппаратом 150 нанесения, когда последний входит в камеру 140 обслуживания. Аппарат 150 нанесения могут толкать или тянуть по треку внутри камеры 140 обслуживания посредством моторов, приводов, полиспастов, конвейеров, расположенных внутри или снаружи камеры 130 нанесения. В альтернативном варианте моторы, приводы, колеса, полиспасты и конвейеры могут быть представлены на аппарате 150 нанесения. В альтернативном варианте отдельные моторы, приводы, колеса, полиспасты и конвейеры могут быть представлены внутри или снаружи камеры 140 обслуживания. В альтернативном варианте некоторые моторы, приводы, колеса, полиспасты и конвейеры могут быть размещены внутри или снаружи камеры 140 обслуживания, а некоторые могут быть размещены на аппарате 150 нанесения.

Камера 140 обслуживания может находиться в сообщении с камерой 130 нанесения посредством отверстия 141. Отверстие 141 должно быть предпочтительно таких размеров, чтобы, по меньшей мере, позволить аппарату 150 нанесения проходить через него. Отверстие 141 может быть герметично заделано от камеры 130 нанесения с помощью одной или более дверей, как те, что описаны выше, между камерой 130 нанесения и грузочными/разгрузочными камерами 110 и 120. Здесь может использоваться тот же тип конструкции, материалы, дизайн и элементы управления. В альтернативном варианте вместо размещения двери у отверстия 141 дверь 144 с опционно одним или более элементами 145 герметизации может крепиться к аппарату 150 нанесения на его дальнем конце от камеры 140 обслуживания. В вариантах осуществления, как те, что показаны на фиг. 2, дверь 144 может быть расположена так, что, когда аппарат 150 нанесения переносят в камеру 140 обслуживания, дверь 144 и опционно один или более элементов 145 герметизации герметично заделывают отверстие 141. Так, отверстие 141 герметично оказывается заделанным дверью 144 и одним или более элементами 145 герметизации автоматически за счет переноса камеры 150 нанесения в камеру 140 обслуживания. Преимуществом проиллюстрированного варианта на фиг. 1 и 2 является возможность герметично заделывать отверстие 141, не отягощая себя волнениями об изгибе подаваемой проволоки 160, или о том, что ее нужно доставать. Как показано на фиг. 1, указанная конструкция также предусматривает, что камера 140 обслуживания оказывается в сообщении с камерой 130 нанесения каждый раз, когда аппарат 150 нанесения размещают внутри камеры 130 нанесения.

Как и другие камеры, камера 140 обслуживания также может иметь свою собственную независимую систему вентиляции, которая позволяет камере 140 обслуживания находиться в условиях вакуума, в условиях инертного газа или другой газовой атмосферы или в условиях воздуха. Может использоваться та же схема расположения вентиляционных отверстий, что была описана выше, особенно, если используемый инертный газ тяжелее воздуха, например аргон или аргоно-гелиевая смесь. В некоторых вариантах осуществления одно или более вентиляционных отверстий, используемых для впуска и/или вывода более тяжелого газа или газовой смеси, расположены в нижней части камеры 140 обслуживания, в то время как вентиляционные отверстия, используемые для впуска и/или вывода более легкого газа или газовой смеси, например воздуха, расположены в верхней части камеры 140 обслуживания.

Камера 140 обслуживания может быть также снабжена своими собственными устройствами для мониторинга температуры и давления, похожими на те, что описаны для всех других камер. Все двери, окна и отверстия камеры 140 обслуживания могут быть также оборудованы одним или более датчиками таким же образом, что и двери и отверстия в грузочных/разгрузочных камерах 110 и 120 и камере 130 нанесения, для обнаружения того, что дверь или отверстие заделаны недостаточно герметично, как требуется в данный момент, и сообщать об этом одной или более системам управления камерной системы

100, которые, в свою очередь, могут запустить визуальную и/или звуковую сигнализацию и прекратить или предупредить начало изготовления твердого тела произвольной формы. В отношении отверстия 142 для осуществления мониторинга того, насколько эффективно работает газовый вентилятор или другие средства, предупреждающие попадание наружных атмосферных газов в камеру 140 обслуживания, может использоваться один или более датчиков.

Следующее описание вариантов осуществления приведено в целях иллюстрации и не должно рассматриваться как ограничение объема вариантов осуществления, приведенных в настоящей заявке.

Использование загрузочных/разгрузочных камер.

В одном из вариантов осуществления камеру 130 нанесения подготавливают к процессу производства твердого тела произвольной формы, задавая необходимую атмосферу. Например, из камеры 130 нанесения выводят воздух и заменяют его на инертный газ или инертную газовую смесь, например аргон или аргоно-гелиевую смесь. Воздух выводится из камеры 130 нанесения с помощью вакуумного насоса, соединенного с первым набором вентиляционных отверстий, состоящим из одного или более вентиляционных отверстий в верхней части камеры 130 нанесения. После активации вакуумного насоса для управления клапанами, соединяющими вакуум с первым набором вентиляционных отверстий камеры 130 нанесения, используют систему управления. Система управления может быть ручной, компьютеризированной или комбинацией вышеперечисленного. Первый набор вентиляционных отверстий может быть расположен, например, в потолке и/или верхней части стенок камеры. За счет использования вакуума из первого набора вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части камеры 130 нанесения, из камеры 130 нанесения выводится воздух. Одновременно с выводом воздуха из камеры 130 нанесения система управления, которая может быть той же системой управления, что управляет вентиляционными отверстиями, соединяющими вакуум с вентиляционной системой камеры 130 нанесения, используется для впуска инертного газа или инертной смеси в камеру 130 нанесения. Последняя система управления может быть так же ручной, компьютеризированной или комбинацией вышеперечисленного. Инертный газ или смесь инертных газов впускается в камеру 130 нанесения через второй набор вентиляционных отверстий, состоящий из одного или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части камеры 130 нанесения, т.е. в полу и/или нижней части стенок камеры. Инертный газ или смесь инертных газов включает по меньшей мере один газ более тяжелый, чем воздух. Так, в то время как воздух выводится из верхушки камеры 130 нанесения, инертный газ или смесь инертных газов впускается снизу. Подача инертного газа или смеси инертных газов может осуществляться открытием клапанов, соединенных со вторым набором вентиляционных отверстий камеры 130 нанесения, являющихся отдельными от первого набора клапанов.

Подача инертного газа или смеси инертных газов и вывод воздуха из камеры 130 нанесения осуществляется так, что минимизируется или совершенно предупреждается образование зон застойного воздуха. Указанный процесс продолжается в течение некоторого времени, до тех пор, пока датчик, расположенный в камере 130 нанесения, не определит, что присутствие кислорода ниже 50 ppm. Во время этого процесса осуществляется мониторинг давления в камере нанесения с помощью датчиков давления. Давление регулируется так, чтобы оно попадало в интервал от 3 до 6 мбар выше атмосферного давления.

Во время вышеописанного процесса камера 130 нанесения герметично отделена от любой загрузочной/разгрузочной камеры и от наружной атмосферы при помощи одной или более дверей.

Удерживающую подложку загружают в загрузочную/разгрузочную камеру, открывая дверь 111 загрузочной/разгрузочной камеры 110, что предоставляет оператору доступ. Удерживающую подложку располагают над конвейером 113, расположенным внутри загрузочной/разгрузочной камеры 110. Когда удерживающая подложка оказывается загруженной в загрузочную/разгрузочную камеру, одна или более дверей 111 доступа могут быть закрыты, что обеспечит газонепроницаемую герметизацию. Атмосферу загрузочной/разгрузочной камеры затем заменяют на инертный газ или смесь инертных газов. Указанный процесс похож на тот, что описан для камеры 130 нанесения. Вакуумный насос соединен с одним или более вентиляционными отверстиями в верхней части загрузочной/разгрузочной камеры для вывода воздуха из камеры, в то время пока более тяжелый, чем воздух, инертный газ или смесь газов впускаются из второго набора вентиляционных отверстий, состоящего из одного или более вентиляционных отверстий, расположенных внизу загрузочной/разгрузочной камеры. Атмосферу загрузочной/разгрузочной камеры делают по сути такой же, что и атмосфера камеры 130 нанесения, производя измерения условий при помощи независимых датчика кислорода и датчика давления загрузочной/разгрузочной камеры.

Когда атмосфера загрузочной/разгрузочной камеры 110 становится по сути такой же, что и атмосфера камеры 130 нанесения, открывают одну или более дверей 112, герметично отделяющих загрузочную/разгрузочную камеру 110 от камеры 130 нанесения. Затем используют конвейер 113 внутри загрузочной/разгрузочной камеры 110 для переноса удерживающей подложки на актуатор 131, расположенный внутри камеры 130 нанесения и расположенный в непосредственной близости от одной или более дверей 112, готовый к принятию первой удерживающей подложки.

По завершению переноса актуатор 131 перемещается в начальную точку для изготовления твердого тела произвольной формы, а указанную одну или более дверей 112 закрывают. Далее внутри камеры 130 нанесения инициируют процесс изготовления твердого тела произвольной формы. Во время изготовле-



ния внутри загрузочной/разгрузочной камеры 110 поддерживают инертную атмосферу. Во время изготовления могут также активировать систему 200 рециркуляции камеры 130 нанесения для охлаждения инертного газа или смеси инертных газов во время изготовления твердого тела произвольной формы для предотвращения перегрева камеры 130 нанесения и/или оборудования, расположенного внутри камеры 130 нанесения.

В то же время в загрузочную/разгрузочную камеру 120 загружают вторую удерживающую подложку, открывая дверь 121 доступа и располагая вторую удерживающую подложку на конвейере 123. Дверь 121 доступа затем закрывают, что обеспечивает газонепроницаемую герметизацию, и атмосферу внутри заменяют инертной атмосферой, как было описано в отношении загрузочной/разгрузочной камеры 110.

Когда изготовление твердого тела произвольной формы с использованием первой удерживающей подложки завершается в отношении изготовления первой детали, процесс изготовления останавливается, и актуатор 131, удерживающий теперь указанную первую деталь, перемещается обратно в точку недалеко от одной или более дверей 112. Одну или более дверей 112 снова открывают, и конвейер 113 принимает первую деталь от актуатора 131. После того как первую деталь снова располагают на конвейере 113, одну или более дверей 112 снова герметично закрывают.

После переноса первой детали в загрузочную/разгрузочную камеру 110 и закрытия одной или более дверей 112 актуатор 131 перемещают в точку недалеко от одной или более дверей 122. Одна или более дверей 122 затем открывается и конвейер 123 переносит вторую удерживающую подложку на конвейер 131. После осуществления переноса одну или более дверей 122 герметично закрывают, актуатор 131 перемещают обратно в начальную точку для изготовления твердого тела произвольной формы и начинают изготовление твердого тела произвольной формы на второй удерживающей подложке. Во время изготовления в загрузочной/разгрузочной камере 120 поддерживают инертную атмосферу.

В то же время атмосферу в загрузочной/разгрузочной камере 110 заменяют на воздух за счет подачи вакуума в нижний набор вентиляционных отверстий, состоящий из одного или более вентиляционных отверстий загрузочной/разгрузочной камеры 110, и выпускают воздух из верхнего набора вентиляционных отверстий, состоящего из одного или более вентиляционных отверстий загрузочной/разгрузочной камеры 110. После замены атмосферы в загрузочной/разгрузочной камере 110 наружным воздухом атмосферного давления одну или более дверей 111 открывают и достают первую деталь. Так, оператор, достающий первую деталь, не подвергается потенциально опасному воздействию инертного газа или смеси инертных газов. После разгрузки первой детали оператор может загрузить третью удерживающую подложку на конвейер 113. Одну или более дверей 111 затем закрывают и атмосферу внутри загрузочной/разгрузочной камеры 110 снова заменяют на инертную атмосферу, как это было сделано ранее.

После завершения изготовления твердого тела произвольной формы на второй удерживающей подложке для образования второй детали актуатор 131, удерживающий вторую деталь, перемещается обратно в точку недалеко от одной или более дверей 122, которые затем открывают, а конвейер 123 забирает вторую деталь, перенося ее обратно в загрузочную/разгрузочную камеру 120 похожим образом, что и в случае переноса первой детали на конвейер 113. Одну или более дверей 122 затем закрывают, и актуатор 131 перемещают в точку недалеко от одной или более дверей 112, так что он готов получить третью удерживающую подложку таким же образом, как он получил первую удерживающую подложку.

В это время атмосферу в загрузочной/разгрузочной камере 120 заменяют на воздух аналогично тому, как это было сделано для загрузочной/разгрузочной камеры 110. Вторую деталь затем достают из загрузочной/разгрузочной камеры 120, получая к ней доступ через одну или более дверей 121. Затем на конвейер 123 загружают четвертую удерживающую подложку.

Описанный выше процесс повторяют для такого количества деталей, которое необходимо произвести. Таким образом удается ускорить процесс изготовления, не затрачивая времени на ожидание того, когда атмосфера в загрузочной/разгрузочной камере будет заменена, чтобы перенести туда удерживающую подложку на актуаторе 131, так как этот процесс уже будет завершен к тому моменту, когда актуатор 131 окажется готов к приему удерживающей подложки. Указанный способ также предоставляет возможность быстрой разгрузки уже изготовленной детали.

Во время вышеописанного процесса для мониторинга дверей, предоставляющих доступ к камере нанесения во время изготовления твердого тела произвольной формы, могут использовать один или более датчиков. Если дверь недостаточно герметично закрыта или если дверь открыта во время процесса изготовления, один или более датчиков отправит сигнал, отражающий данное обстоятельство, системе управления, которая управляет аппаратом нанесения. И тогда либо предотвращают начало процесса изготовления твердого тела произвольной формы, либо, если процесс уже был начат, его останавливают. За счет этого процесс изготовления твердого тела произвольной формы не подвергается воздействию атмосферы, отличающейся от той, что изначально была запланирована.

Использование камеры обслуживания.

В одном варианте осуществления камерная система 100 может содержать камеру 140 обслуживания, соединенную с камерой 130 нанесения. Кроме того, с камерой 130 нанесения могут быть соединены одна или более загрузочных/разгрузочных камер. Функционирование одной или более загрузочных/разгрузочных камер может происходить так, как это было описано в первом примере, независимо от

того, используется ли камера 140 обслуживания или нет.

В одном варианте осуществления аппарат 150 нанесения может быть перемещен в камеру 140 обслуживания. Одна или более дверей 144 с одним или более элементами 145 герметизации может быть предусмотрена на одном конце камеры 150 обслуживания, так что, когда аппарат нанесения входит в камеру 140 обслуживания, одну или более дверей 144 с одним или более элементами 145 герметизации приближают к отверстию 141. В такой конфигурации, когда аппарат 150 полностью находится в камере 140 обслуживания, одна или более дверей 144 и один или более элементов 145 герметизации закрывают отверстие 141, обеспечивая газонепроницаемую герметизацию между камерой 140 обслуживания и камерой 130 нанесения.

После перемещения аппарата 150 нанесения в камеру 140 обслуживания атмосфера камеры 130 нанесения может быть независимым образом изменена по необходимости согласно способу, описанному в примере 1. Если атмосфера в камере 130 нанесения уже соответствует необходимой атмосфере, условия в камере 130 могут просто поддерживать на том же уровне.

Атмосфера в камере 140 обслуживания также может независимым образом быть изменена, в случае такой необходимости, после того как в ней размещают аппарат 150 нанесения, а отверстие 141 герметично заделывают. Замена или регулирование атмосферы в камере 140 обслуживания может быть осуществлена таким же способом, что описан для камеры нанесения и/или загрузочных/разгрузочных камер. Другими словами, в верхней и нижней частях камеры 140 обслуживания расположены вентиляционные отверстия. Воздух или атмосфера из легкого газа может впускаться или выводиться из камеры 140 обслуживания, используя одно или более вентиляционных отверстий в верхней части камеры 140 обслуживания. Аналогичным образом атмосфера из тяжелого газа может впускаться или выводиться с помощью вентиляционных отверстий в нижней части камеры 140 обслуживания. Если предусматривается использование камеры 140 обслуживания в условиях вакуума, вакуум может также подаваться во все верхние и нижние вентиляционные отверстия одновременно. Это относится к любой из камер. Кроме того, в случае, когда необходимы условия вакуума, могут использовать какую-то часть верхних и нижних вентиляционных отверстий или комбинацию верхних и нижних вентиляционных отверстий. Это относится к любой из камер, описанных здесь, включая камеру 130 нанесения и загрузочную/разгрузочную камеры 110 и 120.

В варианте осуществления, в котором камера 140 обслуживания уже была заполнена инертной атмосферой, может быть желательным просто поддерживать атмосферу даже после того, как аппарат 150 нанесения был перенесен в камеру 140. Если требуются работы по техническому обслуживанию аппарата 150 нанесения, оператор может провести такие работы, используя перчатки 143. Оператор может наблюдать за аппаратом 150 нанесения, проводя указанные работы по техническому обслуживанию, наблюдая через окно 146.

В случае, если необходимые работы по техническому обслуживанию сложно провести, используя перчатки 143, или если оператор просто решил не использовать перчатки 143 для проведения указанных работ, доступ к аппарату 150 нанесения может быть обеспечен через портал 147. Чтобы не подвергать оператора воздействию потенциально опасных газов или в случае, если камера 140 обслуживания находится в условиях вакуума, после переноса туда аппарата 150 нанесения атмосфера внутри камеры 150 обслуживания может быть заменена воздухом атмосферного давления до открытия портала 147.

После завершения работ по техническому обслуживанию портал 147 закрывают (если его открывали) и атмосферные условия камеры 140 обслуживания изменяют по необходимости так, чтобы они стали похожими на атмосферные условия камеры 130 нанесения. После того как приемлемые атмосферные условия в камере 140 обслуживания достигнуты, аппарат 150 нанесения возвращают в камеру 130 нанесения. Таким образом, атмосфера в камере 130 нанесения значительно не меняется при разгерметизации отверстия 141.

При перемещении аппарата 150 нанесения в и из камеры 140 обслуживания подаваемая проволока 160 остается прямой. При перемещении аппарата 150 нанесения в направлении отверстия и при его входе в камеру 140 обслуживания часть подаваемой проволоки 160 выходит из камеры 150 обслуживания через отверстие 142. При входе аппарата 150 нанесения в камеру 130 нанесения, и при его перемещении глубже в камеру 130 нанесения подаваемая проволока 160 поступает в камеру 140 обслуживания через отверстие 142. Дополнительная подаваемая проволока 160 также входит в камеру 140 обслуживания через отверстие 142 во время изготовления твердого тела произвольной формы по мере использования подаваемой проволоки для изготовления твердого тела произвольной формы.

Как описано в примере 1, с помощью одного или более датчиков может осуществляться мониторинг любого портала, двери или отверстия камеры 140 обслуживания. Если один или более датчиков определяют, что портал 147, или другая дверь, или портал, за исключением отверстия 141 и отверстия 142, недостаточно герметично заделаны, как они должны быть, или если он определяет наличие входящего потока наружной атмосферы через отверстие 142, системе управления может быть отправлен сигнал для аппарата нанесения в камере 130 нанесения на: либо предупреждение начала изготовления твердого тела произвольной формы, либо остановку уже идущего процесса изготовления твердого тела произвольной формы. Так удастся предупредить воздействие на деталь нежелательной атмосферы во время изготовления. Также может быть запущена звуковая сигнализация, визуальная сигнализация или комби-

нация вышеперечисленного в случае, если один или более датчиков сигнализируют о протечке, недостаточной герметизации или отверстии в камере 140 обслуживания.

Аналогичным образом могут использовать один или более датчиков для осуществления мониторинга герметичности отверстия 141, когда аппарат 150 нанесения находится в камере 140 обслуживания. Если один или более датчиков определяют, что отверстие 141 недостаточно герметично заделано, могут запустить звуковую сигнализацию, визуальную сигнализацию или комбинацию вышеперечисленного. Так оператор будет предупрежден, что изменение атмосферы в камере 140 обслуживания может оказать влияние на атмосферу камеры 130 нанесения.

Специалисту в данной области техники должно быть понятно, что в настоящее изобретение могут быть внесены различные модификации и вариации и это не изменит объем указанного изобретения. Поэтому предполагается, что указанное изобретение включает в себя все модификации и вариации, если они соответствуют тому объему изобретения, который заявлен в прилагаемой формуле или эквивалентен ему.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Камерная система для изготовления твердого тела произвольной формы, содержащая одну или более независимо управляемых загрузочных/разгрузочных камер; независимо управляемую камеру нанесения, при этом камера нанесения содержит аппарат нанесения, включающий источник тепла, и актуатор для управления положением и перемещением материала основы;

одну или более дверей, соединяющих камеру нанесения с каждой из одной или более загрузочных/разгрузочных камер; и

независимо управляемую камеру обслуживания, соединенную с камерой нанесения, при этом размеры камеры обслуживания позволяют вмещать в нее аппарат нанесения, и камера обслуживания выровнена относительно камеры нанесения, аппарата нанесения и проволоки, подаваемой к аппарату нанесения, так, чтобы подаваемая проволока могла проходить через камеру обслуживания до достижения аппарата нанесения и чтобы аппарат нанесения мог перемещаться в и из камеры обслуживания без извлечения подаваемой проволоки.

2. Камерная система согласно п.1, в которой каждая из одной или более загрузочных/разгрузочных камер дополнительно содержит

одну или более дверей, обеспечивающих доступ к загрузочной/разгрузочной камере;

конвейер, расположенный внутри загрузочной/разгрузочной камеры; и

одно или более вентиляционных отверстий.

3. Камерная система согласно п.2, в которой каждая загрузочная/разгрузочная камера содержит по меньшей мере одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части загрузочной/разгрузочной камеры, и по меньшей мере одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части загрузочной/разгрузочной камеры;

при этом одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части, функционально соединены с вакуумным насосом и источником воздуха; и одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части, функционально соединены с вакуумным насосом и источником инертного газа или смеси инертных газов.

4. Камерная система согласно любому из пп.1-3, которая дополнительно содержит две загрузочные/разгрузочные камеры с общей стенкой между ними, при этом каждая загрузочная/разгрузочная камера также имеет общую стенку с камерой нанесения.

5. Камерная система согласно любому из пп.1-4, в которой камера нанесения дополнительно содержит одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части камеры нанесения, и одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части камеры нанесения;

при этом одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части, функционально соединены с вакуумным насосом и источником воздуха; и одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части, функционально соединены с вакуумным насосом и источником инертного газа или смеси инертных газов.

6. Камерная система согласно любому из пп.1-5, в которой камера нанесения дополнительно содержит одно или более порталов наблюдения.

7. Камерная система согласно любому из пп.1-6, в которой камера нанесения дополнительно содержит систему рециркуляции, содержащую вентилятор и теплообменник.

8. Камерная система согласно любому из пп.1-7, в которой камера обслуживания дополнительно содержит одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части камеры обслуживания, и одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в нижней части камеры обслуживания;

при этом одно или более вентиляционных отверстий, расположенных в верхней части, функционально соединены с вакуумным насосом и источником воздуха; одно или более вентиляционных отвер-

стей, расположенных в нижней части, функционально соединены с вакуумным насосом и источником инертного газа или смеси инертных газов.

9. Камерная система согласно п.7, в которой камера обслуживания дополнительно содержит портал доступа.

10. Камерная система согласно п.7, в которой камера обслуживания дополнительно содержит набор перчаток.

11. Способ эксплуатации камерной системы для изготовления твердого тела произвольной формы, охарактеризованной в п.1, включающий этапы, на которых

независимо заменяют атмосферу в камере нанесения камерной системы на инертную атмосферу; переносят первую удерживающую подложку на актуатор, расположенный внутри камеры нанесения, поддерживая при этом инертную атмосферу в камере нанесения;

осуществляют изготовление твердого тела произвольной формы, используя аппарат нанесения, включающий источник тепла, в камере нанесения, для формирования первой детали; и

выносят первую деталь из камеры нанесения, поддерживая при этом инертную атмосферу в камере нанесения;

при этом камерная система содержит камеру нанесения, одну или более загрузочных/разгрузочных камер и камеру обслуживания, причем каждая из одной или более загрузочных/разгрузочных камер и камера обслуживания связаны с камерой нанесения посредством одного или более независимых отверстий; и

размеры камеры обслуживания позволяют вмещать в нее аппарат нанесения, и камера обслуживания выровнена относительно камеры нанесения, аппарата нанесения в камере нанесения и проволоки, подаваемой к аппарату нанесения так, чтобы подаваемая проволока могла проходить через камеру обслуживания до достижения аппарата нанесения, и чтобы аппарат нанесения мог перемещаться в и из камеры обслуживания без необходимости извлечения подаваемой проволоки.

12. Способ согласно п.11, в котором одна или более из камеры нанесения, одной или более загрузочных/разгрузочных камер и камеры обслуживания имеют одну или более дверей для обеспечения герметизации указанных одного или более отверстий.

13. Способ согласно п.12, который дополнительно включает этап, на котором независимо управляют каждой из камеры нанесения, одной или более загрузочной/разгрузочной камер и камеры обслуживания.

14. Способ согласно п.13, который дополнительно включает этап, на котором, используя один или более датчиков, осуществляют мониторинг указанных одной или более дверей каждой из камеры нанесения, одной или более загрузочной/разгрузочной камер и камеры обслуживания.

15. Способ согласно п.16, который дополнительно включает этап, на котором останавливают изготовление твердого тела произвольной формы, если один или более датчиков обнаруживает, что дверь недостаточно герметично закрыта.

16. Способ согласно любому из пп.11-15, который дополнительно включает этапы, на которых загружают первую удерживающую подложку на конвейер, расположенный внутри первой загрузочной/разгрузочной камеры;

заменяют атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере на такую же инертную атмосферу, как в камере нанесения; и

поддерживают атмосферу внутри первой загрузочной/разгрузочной камеры во время переноса удерживающей подложки на актуатор и во время изготовления твердого тела произвольной формы.

17. Способ согласно п.16, который дополнительно включает этапы, на которых загружают вторую удерживающую подложку на конвейер второй загрузочной/разгрузочной камеры, поддерживая при этом инертную атмосферу в камере нанесения;

заменяют атмосферу второй загрузочной/разгрузочной камеры на такую же инертную атмосферу, как в камере нанесения.

18. Способ согласно п.16, в котором вынос первой детали из камеры нанесения включает этапы, на которых

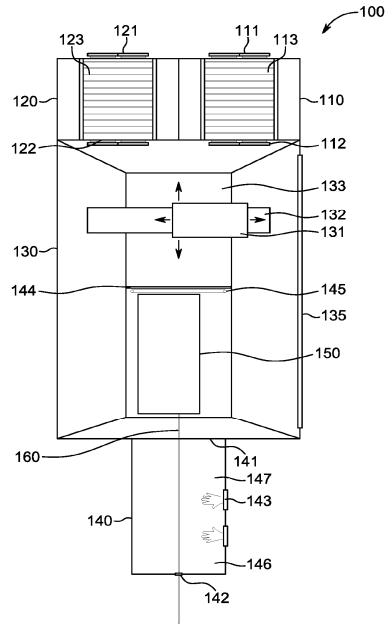
переносят деталь в первую загрузочную/разгрузочную камеру, поддерживая при этом инертную атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере;

обеспечивают герметизацию первой загрузочной/разгрузочной камеры от камеры нанесения;

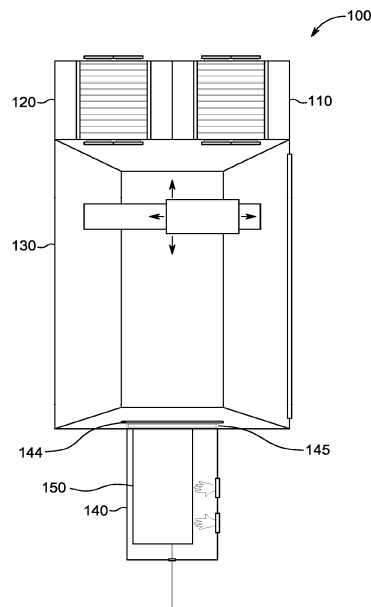
заменяют инертную атмосферу в первой загрузочной/разгрузочной камере на наружный воздух и выгружают деталь из первой загрузочной/разгрузочной камеры.

19. Способ согласно п.18, который дополнительно включает этап, на котором

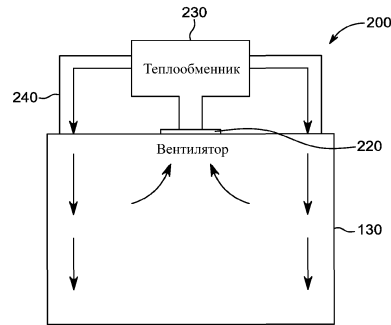
после обеспечения герметизации первой загрузочной/разгрузочной камеры от камеры нанесения переносят вторую удерживающую подложку из второй загрузочной/разгрузочной камеры на актуатор, поддерживая при этом инертную атмосферу в камере нанесения.



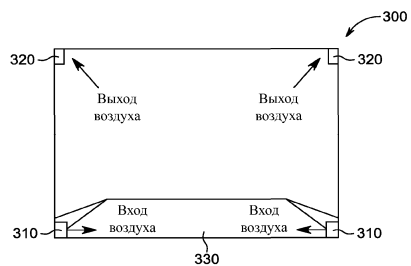
Фиг. 1



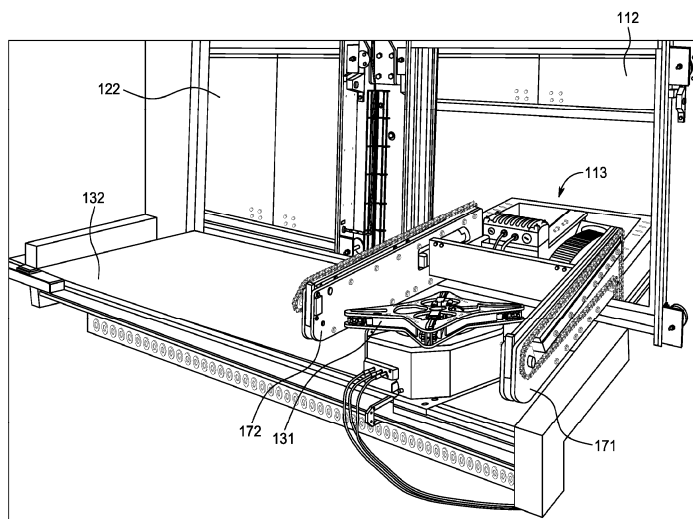
Фиг. 2



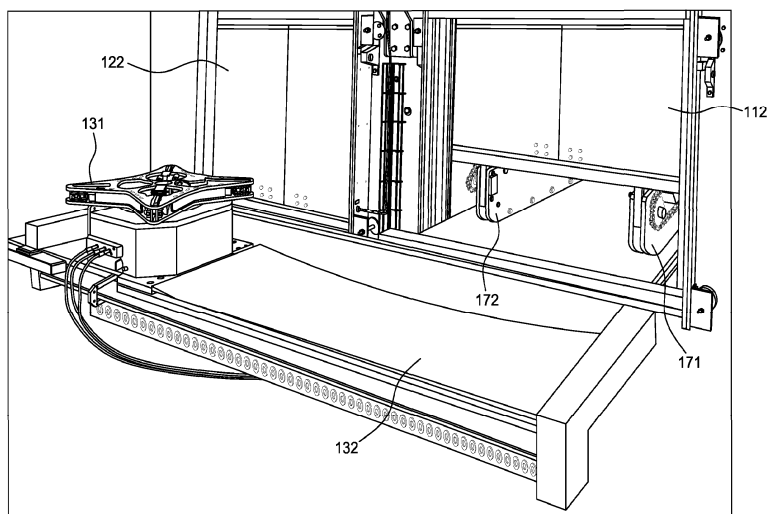
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5А



Фиг. 5В

