



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B29C 64/20 (2024.01); B33Y 30/00 (2024.01); B29C 67/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2024101624, 23.01.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.01.2024

Дата регистрации:
30.09.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.01.2024

(45) Опубликовано: 30.09.2024 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

410052, Саратовская обл., г. Саратов, пр-кт им.
50 лет Октября, 118А, стр. 1, ООО "Газпром
трансгаз Саратов"

(72) Автор(ы):

Паршиков Олег Александрович (RU),
Аврамов Максим Валерьевич (RU),
Бекренев Николай Валерьевич (RU),
Злобина Ирина Владимировна (RU),
Лавров Владимир Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Газпром трансгаз Саратов" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: CN 112644023 A, 13.04.2021. CN
204322535 U, 13.05.2015. RU 181398 U1,
12.07.2018. RU 2771823 C2, 12.05.2022.

(54) 3D-ПРИНТЕР ПОЛЯРНОЙ СХЕМЫ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к 3D-принтерам полярной схемы, реализующим технологию печати расплавленной полимерной нитью (FDM), и может быть использована при изготовлении ремонтных комплектов уплотнительных элементов газораспределительной и газорегулировочной аппаратуры из резиноподобных эластичных филаментов в полевых условиях после доставки к месту автомобильным или другим видом транспорта. В 3D-принтере полярной схемы, содержащем основание, снабженное механизмом привода подъемного стола, содержащим ведущий винт, перпендикулярный нижней поверхности основания, и одну направляющую рейку, на котором установлена вращающаяся платформа построения и механизм ее поворота, и раму, верхняя часть которой снабжена механизмом привода печатающей головки, снабженной устройством подачи и нагрева филамента, печатающая головка содержит нагреваемую часть, присоединенную к ультразвуковому преобразователю, содержащему, по крайней мере,

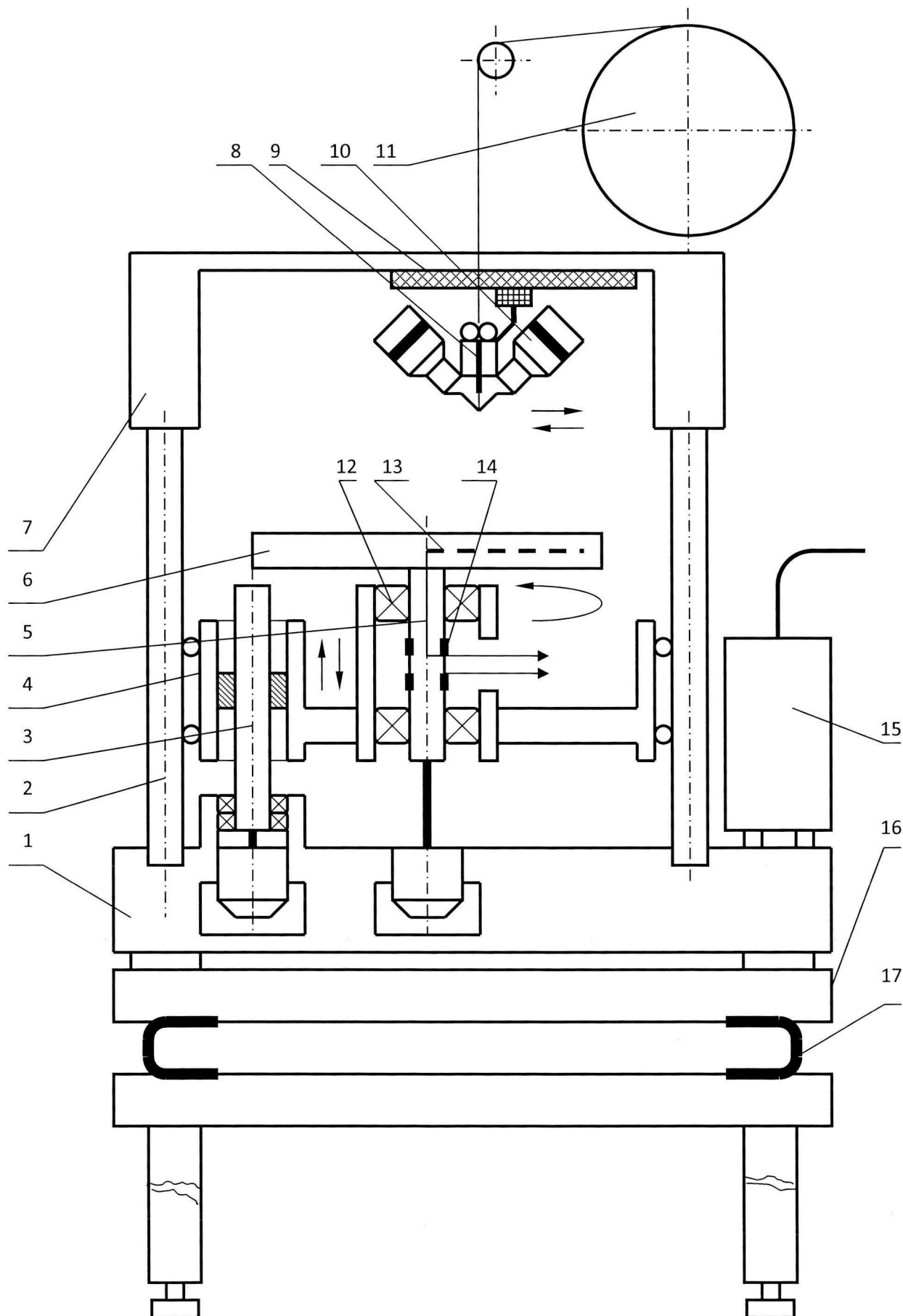
два пьезокерамических излучателя ультразвуковых колебаний, расположенных под углом к оси нагреваемой части экструдера, равным 60-65°, при этом активная и пассивная накладки ультразвуковых преобразователей выполнены соответственно из алюминиевого сплава и стали и имеют длину, обеспечивающую резонансную частоту колебаний 44 кГц. При этом основание жестко закреплено на виброизолированном столе, установленном в транспортном средстве, механизм привода печатающей головки представляет собой прецизионный линейный шаговый двигатель, на якоре которого установлена печатающая головка, в конструкцию рамы введены регулируемые упоры, имеющие возможность жестко фиксировать подъемный стол и печатающую головку в нулевом положении. Стол выполнен с системой виброизоляции на элементах с отрицательной жесткостью. Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в обеспечении снижения зашлакованности канала экструдера продуктами

деструкции материала филамента в процессе печати путем его присоединения к ультразвуковому преобразователю, а также в сохранении точности позиционирования печатающей головки и стола путем виброзащиты

от низкочастотных колебаний, вызванных движением транспортного средства, что обеспечивает требуемое качество объекта печати, например, из резиноподобных эластичных филаментов.

R U 2 2 9 2 6 3 U 1

R U 2 2 9 2 6 3 U 1



Фиг. 1

Полезная модель относится к 3D-принтерам полярной схемы, реализующим технологию печати расплавленной полимерной нитью (FDM), и может быть использована при изготовлении ремонтных комплектов уплотнительных элементов газораспределительной и газорегулировочной аппаратуры из резиноподобных эластичных филаментов в полевых условиях после доставки к месту автомобильным или другим видом транспорта.

В настоящее время существуют технические и организационные сложности при необходимости оперативной замены вышедших из строя уплотнительных элементов на эксплуатируемой аппаратуре магистральных газопроводов и газораспределительных станций. После определения типоразмера вышедшего из строя уплотнения, в случае отсутствия такового в комплекте запасных частей, требуется его оперативное изготовление, что зачастую невозможно или нерационально по экономическим соображениям вследствие необходимости проектирования и изготовления пресс-форм для штучных изделий, проведения формования и вулканизации резины в стационарных условиях и последующей доставки к месту ремонта. В современных условиях санкционной политики стран Запада быстрая закупка ремонтных комплектов уплотнений также практически не возможна. Изготовление штучных образцов уплотнений с использованием традиционных технологий производства резинотехнических изделий практически невозможно из-за высоких финансовых и материальных затрат на специальное технологическое оснащение практически разового применения.

Аддитивные технологии (3D-печать) в наибольшей степени отвечают указанным условиям обслуживания и ремонта газового оборудования и аппаратуры, поскольку основным преимуществом данных технологий является быстрота реализации от чертежа до объекта и быстрый переход от одной формы к другой, недостижимый для других технологий. Уплотнительные элементы могут быть изготовлены по технологии FDM - формования изделий сложной формы путем послойного наплавления термопластичной нити в соответствии с компьютерной твердотельной моделью, для чего возможно применение появившихся в последнее время резиноподобных филаментов.

Из известных на сегодня подобных материалов лучшим сочетанием свойств, сближающим их с резинами 2-й группы, обладают TiTi Flex Spring, TiTi Flex Hard, Flex, Filaflex, Proflex. При этом особые свойства этих материалов предъявляют жесткие требования к конструкции принтера и, в основном, к экструдеру. Должны быть исключены чрезмерные усилия подачи филамента, чтобы предотвратить зашлаковывание канала экструдера. Филаменты из резиноподобных полимерных материалов обладают существенной усадкой после отверждения, что требует корректировки твердотельных моделей относительно рабочих чертежей. С учетом изложенного для печати резиноподобными филаментами используют принтеры, имеющие каналы экструдера большого диаметра, что практически устраняет опасность его зашлаковывания. Однако именно большой диаметр канала приводит в большой толщине наносимого монослоя материала, которая составляет 0,25-0,3 мм. Это создает грубую поверхность с большими отклонениями от заданной чертежом формы. Дополнительные погрешности возникают при этом за счет формирования кольцевых форм (в основном) уплотнительных элементов за счет одновременного пошагового движения печатающей головки и платформы построения по двум координатам X и Y, что придает ей ступенчатый вид. Изложенные трудности не позволяют использовать объект печати в ответственных изделиях типа уплотнительных элементов, особенно в

подвижных конструкциях (краны, поршни, клапаны и др.).

В настоящее отсутствуют серийные принтеры, сохраняющие работоспособность и заложенные параметры точности после транспортировки обычными видами автомобильного или другого транспорта, что снижает их ценность для оперативного

решения обозначенной выше проблемы.

По патенту на полезную модель №181398, МПК В33У 30/00 (опубликован 12.07.2018, бюлл. №20) известен 3D-принтер, содержащий корпус, расположенную в корпусе печатающую головку, закрепленную на каретке, механизм перемещения печатающей головки в плоскости XY с продольными и поперечными линейными подшипниками, шкивы, взаимодействующие с приводными ремнями, натяжители приводных ремней, моторы перемещения печатающей головки, рабочий стол с нагревателем рабочей поверхности, закрепленном на основании рабочего стола с вертикальными направляющими, винтовой привод перемещения по оси Z с приводным винтом и приводной гайкой, и контроллер, органы управления и дисплей, расположенные на корпусе, отличающийся тем, что он снабжен опорной пластиной с низким коэффициентом линейного расширения и высокой теплоемкостью, закрепленной на основании рабочего стола, при этом натяжители приводных ремней выполнены с плавной регулировкой в виде пластины и винта натяжителя, упомянутые шкивы включают кинематически связанные ведущие, опорные и направляющие шкивы, при этом направляющие шкивы расположены соответственно выше и ниже плоскости ведущих шкивов, а печатающая головка установлена на каретке при помощи винтовой фиксации. В данном принтере приводной винт выполнен с опорой торцом на шарик, закрепленный в основании корпуса принтера, а нижней боковой поверхностью зафиксирован в подшипнике приводного винта.

Недостатками данного принтера являются: не высокая точность образования формы деталей типа колец из-за ступенчатого характера перемещения печатающей головки по осям X и Y, возможность зашлаковывания канала экструдера продуктами нагрева филамента, невозможность быстрого ввода в эксплуатацию после транспортировки, особенно по грунтовым дорогам, а также опасность снижения точности вследствие появления люфтов в механизмах и сбоях положения датчиков под действием вибрационных нагрузок, вызванных транспортировкой. Принтер предназначен для питания от бытовой или промышленной электросети переменного напряжения и не может поэтому эксплуатироваться, находясь в транспортном средстве, для печати изделий в полевых условиях.

Известна печатающая головка к 3D-принтеру (патент на полезную модель №196751 МПК В29С 64/209, опубликован 13.03.2020 г., бюлл. №8), в которой в экструдер встроен ультразвуковой преобразователь, за счет которого нагреваемая часть экструдера является волноводом ультразвукового преобразователя, фокусирующим ультразвуковые колебания на точке приваривания армированной нити. В описываемой печатающей головке наносимый филамент подается через длинный канал малого диаметра, проходящий через весь ультразвуковой преобразователь.

Печатающая головка имеет следующие недостатки. Канал малого диаметра и большой длины создает дополнительное сопротивление движению филамента, который в случае применения резиноподобных материалов, обладающих повышенной пластичностью, будет заполняться деформировавшимся особенно в области нагревателя материалом. В тоже время отсутствие съемной нагреваемой части экструдера потребует в этом случае разборки всего преобразователя для прочистки канала, а это приведет к необходимости повторной настройки его в резонанс после сборки, что не рационально

и может привести к изменению амплитудно-частотной характеристики, влияющей на работоспособность системы.

Известен высокоскоростной 3D-принтер (патент №CN 113085179A, МПК В33У 33/00, опубликован 2020 г.) полярной схемы, отличающийся тем, что ролик для подачи материала дополнительно содержит круглую опорную пластину, которая соединена с основанием посредством ходового винта с приводом от шагового электродвигателя. В принтере множество упругих направляющих механизмов соединены между круглой опорной плитой и основанием. Две порталные рамы установлены на установочном зубчатом кольце, два механизма перемещения установлены между двумя порталными рамами, механизмы выдавливания установлены на двух механизмах перемещения, рама неподвижно соединена с основанием, роликовый механизм для подачи материала установлен на круглой раме, два регулировочных механизма расположены между роликовым механизмом подачи материала и направляющей пластиной. Приводной механизм содержит приводной двигатель и передаточную шестерню, двигатель установлен в основании, передаточная шестерня соединена с монтажным зубчатым кольцом, осуществляющим вращение платформы. В конструкцию включен упругий направляющий механизм, содержащий направляющий цилиндр и направляющую планку с круглой опорной пластиной. Механизм перемещения содержит раму перемещения, два вспомогательных вала и приводной вал, жестко соединенные с рамой перемещения, два вспомогательных вала соответственно соединены с двумя порталными рамами, два конца приводного вала соответственно соединены с двумя порталными рамами, поперечная и вертикальная рейки соединены с рамой перемещения. На подвижной раме установлены два серводвигателя, выходные концы валов которых жестко соединены с ведущими шестернями, которые соответственно находятся в зацеплении с поперечными винтовыми и вертикальными ходовыми винтами.

Принтер имеет основным недостатком значительную сложность конструкции с большим количеством скользящих соединений и соединений зацеплением, в которых велика вероятность появления люфтов при движении принтера в транспортном средстве к месту эксплуатации и, соответственно - снижения точности и надежности функционирования. Другими недостатками принтера являются: возможность зашлаковывания канала экструдера продуктами нагрева высокопластичного филамента, невозможность быстрого ввода в эксплуатацию после транспортировки, особенно по грунтовым дорогам, а также опасность снижения точности вследствие сбоя положения датчиков под действием вибрационных нагрузок, вызванных транспортировкой. Принтер предназначен для питания от бытовой или промышленной электросети переменного напряжения и не может поэтому эксплуатироваться, находясь в транспортном средстве, для печати изделий в полевых условиях. В тоже время преимуществом принтера является полярная схема, что упрощает точное формирование изделий типа тел вращения, например - колец.

Наиболее близким аналогом к предлагаемому техническому решению является 3D-принтер полярной схемы (патент №CN 204322535U МПК В29С 67/00, опубликован 2006 г.). От известных конструкций принтер отличается следующими существенными признаками.

Основание снабжено механизмом привода подъемного кронштейна. На основании расположена рама, верхняя часть которой снабжена механизмом перемещения печатающей головки. На подъемном кронштейне расположен механизм поворота платформы построения. На основании установлены также модуль управления, соединенный с механизмом печати головки, механизмом привода подъемного

кронштейна, механизмом поворота платформы. В механизме подъема кронштейна установлен ведущий винт, перпендикулярный нижней поверхности основания, и, по меньшей мере, одна направляющая рейка по оси Z. Механизм поворота платформы содержит круглый стол, который может вращаться в горизонтальной плоскости и расположен на подъемном кронштейне. Описанный подъемный кронштейн перемещается по направляющей по оси Z ведущим винтом. Печатающая головка снабжена устройством подачи нагреваемого прутка (нити). Во всех механизмах перемещений данного принтера использованы шаговые двигатели.

Преимуществом принтера перед другими конструкциями является полярная схема, что упрощает точное формирование изделий типа тел вращения, например - колец.

Описанный 3D-принтер принят за прототип.

Недостатками данного принтера являются следующие.

Принтер не приспособлен для печати резиноподобными эластичными филаментами вследствие наличия стандартного малого диаметра сопла экструдера, что повышает с большой вероятностью возможность зашлаковывания канала экструдера продуктами нагрева филамента. Необходимо отметить невозможность быстрого ввода в эксплуатацию после транспортировки, особенно по грунтовым дорогам, а также опасность снижения точности вследствие появления люфтов в механизмах и сбоях положения датчиков под действием вибрационных нагрузок, вызванных транспортировкой. В приводе перемещения печатающей головки применен зубчатый ремень, обладающий невысокой долговечностью и имеющий не высокую точность передачи движения. Принтер предназначен для питания от бытовой или промышленной электросети переменного напряжения и не может поэтому эксплуатироваться, находясь в транспортном средстве. Отмеченные недостатки делают невозможным использование данного полярного принтера для решения обозначенной выше задачи изготовления ремонтных комплектов уплотнительных элементов из резиноподобных термопластичных филаментов в полевых условиях непосредственно в процессе обслуживания объекта сразу после прибытия на него.

Техническая проблема настоящей полезной модели заключается в обеспечении требуемого качества ремонтных комплектов уплотнительных элементов широкого диапазона типоразмеров из резиноподобных эластичных филаментов, в том числе, после транспортировки, например, в автомобиле по дорогам различного класса, в частности, по грунтовым проселочным.

Технический результат предлагаемой полезной модели заключается в обеспечении снижения зашлакованности канала экструдера продуктами деструкции материала филамента в процессе печати путем его присоединения к ультразвуковому преобразователю, а также в сохранении точности позиционирования печатающей головки и стола путем виброзащиты от низкочастотных колебаний, вызванных движением транспортного средства, что обеспечивает требуемое качество объекта печати, например, из резиноподобных эластичных филаментов.

Технический результат достигается за счет того, что в 3D-принтере полярной схемы, содержащем основание, снабженное механизмом привода подъемного стола, содержащем ведущий винт, перпендикулярный нижней поверхности основания, и одну направляющую рейку, на котором установлена вращающаяся платформа построения и механизм ее поворота, и раму, верхняя часть которой снабжена механизмом привода печатающей головки, снабженной устройством подачи и нагрева филамента, печатающая головка содержит нагреваемую часть, присоединенную к ультразвуковому преобразователю, содержащему, по крайней мере, два пьезокерамических излучателя

ультразвуковых колебаний, расположенных под углом к оси нагреваемой части экструдера, равным $60-65^\circ$, при этом активная и пассивная накладки ультразвуковых преобразователей выполнены соответственно из алюминиевого сплава и стали и имеет длину, обеспечивающую резонансную частоту колебаний 44 кГц. При этом основание жестко закреплено на виброизолированном столе, установленном в транспортном средстве, механизм привода печатающей головки представляет собой прецизионный линейный шаговый двигатель, на якоре которого установлена печатающая головка, в конструкцию рамы введены регулируемые упоры, имеющие возможность жестко фиксировать подъемный стол и печатающую головку в нулевом положении. Стол выполнен с системой виброизоляции на элементах с отрицательной жесткостью.

Пример исполнения полезной модели представлен на фиг. 1. На фиг. 2а представлена конструкция сопла печатающей головки полезной модели, на фиг. 2б - макет сопла с ультразвуковыми преобразователями.

На фиг. 1 обозначено: 1 - основание, 2 - вертикальные направляющие перемещения стола принтера по оси Z, 3 - ходовой винт вертикального перемещения, 4 - стол, 5 - вращающийся шпиндель платформы построения, 6 - платформа построения, 7 - порталная рама, 8 - печатающая головка, 9 - линейный двигатель привода печатающей головки, 10 - ультразвуковой преобразователь, 11 - катушка с филаментом, 12 - подшипник шпинделя, 13 - нагреватель платформы, 14 - токосъемные кольца, 15 - модуль электропитания принтера, 16 - виброизолирующий стол, 17 - опоры отрицательной жесткости.

На фиг. 2 обозначено: 18 - направляющее устройство с радиатором, 19 - филамент, 20 - пассивная накладка ультразвукового преобразователя, 21 - термобарьерная вставка, 22 - активная накладка ультразвукового преобразователя, 23 - ультразвуковой пьезокерамический преобразователь, 24 - нагреватель сопла, 25 - сопло, 26 - датчик температуры нагревателя.

3D-принтер, показанный на фиг. 1, состоит из следующих основных элементов. Стол, оснащенный виброгасящими элементами с отрицательной жесткостью, благодаря которым обеспечивается гашение вибраций различных амплитуд в частотном диапазоне 5 Гц и менее, что как раз характерно для двигающегося по пересеченной местности со средней скоростью транспортного средства, опоры которого жестко прикреплены к полу в крытом кузове транспортного средства. На элементах с отрицательной жесткостью установлена платформа, к которой жестко прикреплено основание 3D-принтера. Виброгашение основания принтера в процессе движения транспортного средства способствует уменьшению динамических нагрузок на конструкцию и, соответственно, предотвращает ослабление блокирующих устройств и сбой нулевого положения двигающихся механизмов и датчиков, что обеспечивает сохранение требуемого качества печати после перемещения в транспортном средстве.

К основанию прикреплены две вертикальных направляющих качения, по которым перемещается горизонтальный стол при помощи вертикального винта и гайки с шариковой передачей. В столе установлен на шариковых подшипниках шпиндель с платформой построения, вращение которому передается от шагового двигателя с редуктором. На шпинделе установлены токосъемные кольца, обеспечивающие подачу питания на нагревательный элемент, размещенный на платформе построения. В основании установлен шаговый двигатель вращения винта с редуктором. К верхним частям вертикальных направляющих прикреплена порталная рама, на горизонтальной конструкции которой установлен линейный однокоординатный шаговый двигатель. Применение линейного шагового двигателя обеспечивает быстрое действие привода, не

достижимое для шариковой винтовой передачи, и долговечность (надежность), значительно большую, чем возможна для зубчато-ременной передачи, обычно применяемой в принтерах технологии FDM. К подвижному якорю линейного двигателя прикреплен кронштейн, на котором установлена печатающая головка, включающая 5 роликовый механизм подачи филамента, направляющее устройство с радиатором, вентилятор охлаждения радиатора, термобарьерную вставку и сопло. В сопле размещен стержневой нагревательный элемент и датчик температуры. К соплу присоединены ультразвуковые электромеханические преобразователи, расположенные под углом 60-65° к оси нагреваемой части экструдера. Такое расположение преобразователей 10 исключает применение длинного канала для подачи филамента в зону нагрева, как в случае подачи последнего через преобразователь и сохраняет установившуюся конструкцию данного узла принтера. На портальной раме установлен держатель бобины с филаментом и держатель направляющей трубки.

Предлагаемый принтер используется следующим образом.

15 После прибытия на место эксплуатации разблокируют стопорные устройства движущихся частей принтера и подключают его модуль питания к разъемам электропитания транспортного средства. До начала работы настраивают необходимую амплитуду колебаний сопла, для чего включают генератор, а торца сопла касаются ножкой индикатора часового типа с ценой деления 1 мкм. Можно также использовать 20 индуктивные датчики микроперемещений типа 214 и аналоги с точностью измерения 1 мкм.

Вращением регулятора изменяют состояние резонанса колебательной системы и, соответственно, амплитуду. Значение амплитуды, фиксируемое по индикатору, 25 устанавливают равным 5-7 мкм. Далее выключают генератор и включают процессор принтера. Из памяти процессора извлекают 3D модель уплотнения, которое необходимо изготовить. Из программы Sliser, загружают необходимое количество слоев разбиений сечения модели. Включают прогрев платформы построения и прогрев сопла экструдера, в отверстие направляющей печатающей головки вводят нить филамента. Устанавливают 30 скорости подачи филамента, вращения платформы построения и скорость перемещения печатающей головки по оси X. После достижения необходимых температур платформы и сопла включают ультразвуковой генератор и запускают программу печати. В процессе печати за каждый оборот платформы на ее поверхности формируется единичная дорожка наплавленного термопласта, после чего линейный двигатель смещает печатающую головку на следующий шаг, и формируется следующая кольцевая дорожка. 35 После завершения нанесения монослоя из наплавленных дорожек полимера включается шаговый двигатель вращения вертикального винта и стол с платформой опускается на толщину одного монослоя. Процесс повторяется до полного формирования изделия, после чего механизмы выходят в нулевое (исходное) положение, выключаются нагреватели платформы и сопла, и выключается ультразвуковой генератор. После 40 остывания готовый уплотнительный элемент снимается с платформы.

Эффективность применения ультразвуковой экструзии нитей из полимерных материалов подтверждена следующими экспериментальными результатами, представленными на фиг. 3 и фиг. 4.

Фиг. 3 представляет скрин-шоты диалогового окна лабораторной компьютерной 45 установки для изучения прочности полимерных и композиционных материалов. На фиг. 3 обозначено: а - кинетика нарастания разрушающей нагрузки при разрыве нити из термопласта, сформированной с воздействием ультразвука на сопло; б - кинетика нарастания разрушающей нагрузки при разрыве нити из термопласта, сформированной

без ультразвука.

Фиг. 4 представляет микрофотографии поверхности нити, сформированной без воздействия ультразвука на сопло (а, б) и с воздействием ультразвука (в, г). На фиг. 4 обозначено: увеличение $\times 40$ (а, в), увеличение $\times 120$ (б, г).

Исследовали прочность сформированных нитей на разрыв на лабораторной компьютерной установке с тензометрическими датчиками усилий и программным обеспечением LabView (ИП «Майоров», г. Орел) при помощи специального оснащения. Один конец образца нити закрепляли в держателе кронштейна, установленного на корпусе тензометрического датчика, второй конец - на рычаге нагружающего механизма. К рычагу прикладывали вращающий момент, фиксируемый датчиком и отображаемый в диалоговом окне установки. Предварительно измеряли микрометром диаметр образца нити с точностью 0,01 мм. Испытывали по 5 образцов. Напряжение разрушения при разрыве вычисляли по известной зависимости, как отношение разрушающей нагрузки к площади сечения нити.

Исследовали твердость образцов, сформированных с ультразвуком и без ультразвука по Шору-Д при помощи цифрового твердомера Novotest ТШ-Ц.

Морфологию поверхности образцов нитей исследовали при помощи цифрового микроскопа Bresser LCD 50x-2000x при увеличении $\times 40$ и $\times 120$.

В экспериментах использовали аддитивный полимер марки Flex. Использовали сопла с диаметром отверстия 0,5 мм (увеличенный, рекомендуемый для использования при печати резиноподобными филаментами) и 0,2 мм (необходимый для достижения требуемой точности формы по технологии FDM).

Установлено, что скорость экструзии филамента из сопла диаметром 0,2 мм при выключенных ультразвуковых колебаниях сопла составила 75-90 см/мин. По истечении 2 часов непрерывной работы скорость выхода снизилась до 40-50 см/мин. По завершении печати на кромках сопла отмечаются застывшие агломераты полимера, стенки сопла при рассмотрении под микроскопом при увеличении $\times 40$ в проходящем свете выглядят неровными за счет налипания филамента. При воздействии на сопло с отверстием диаметром 0,2 мм ультразвуковых колебаний скорость выхода филамента увеличивается до 120 см/мин при частоте 44 кГц и 100 см/мин при частоте 22 кГц. Через 2 часа работы скорость выхода филамента снизилась незначительно: соответственно до 105 см/мин и 90 см/мин, т.е. практически в 2 раза больше, чем при печати без ультразвука. При этом наибольшая скорость достигается при частоте ультразвуковых колебаний, равной 44 кГц.

При использовании сопла с отверстием диаметром 0,5 мм скорость выхода филамента при выключенном ультразвуковом генераторе составила 120-125 см/мин. Через 2 часа скорость понизилась, хотя и в меньшей степени - до 100 см/мин. На стенках отверстия также отмечается налипание филамента, однако, больший исходный диаметр отверстия позволяет сохраняться достаточному проходному сечению для предотвращения торможения выхода материала. При воздействии ультразвука на сопло скорость выхода филамента составила более 140 см/мин и незначимо снизилась через 2 часа работы.

Таким образом, при сообщении соплу экструдера ультразвуковых колебаний обеспечивается выход резиноподобного филамента в течение среднего времени печати уплотнительных элементов с падением скорости не более чем на 10-12% при использовании стандартных малых диаметров выходного отверстия, обеспечивающих необходимую точность и качество поверхности напечатанных изделий.

Среднее значение напряжения разрыва, вычисленное по результатам испытаний, у нитей, изготовленных с ультразвуковым воздействием, равно 239,1 МПа, у нитей,

изготовленных без воздействия ультразвука - 145,6 МПа. Таким образом, экструзия нитей с воздействием ультразвука в соответствии с предлагаемой полезной моделью, обеспечивает увеличение прочности нитей на разрыв на 64% по сравнению с нитями, сформированными без ультразвука.

5 Воздействие ультразвука положительно влияет также на твердость нитей. Твердость нити, диаметром 1,5 мм, изготовленной с ультразвуковым воздействием равна в среднем 55 единиц по Шору-Д. Твердость нити, изготовленной без ультразвукового воздействия, составляет в среднем 32 единицы. Таким образом, увеличение составляет 71,8%.

10 Стабильность диаметра нити определяли путем измерения толщины нити микрометром 0-25 мм. На 10 метрах нити, изготовленной с воздействием ультразвука, отклонение диаметра от номинального значения не превысило 0,09 мм, что для трехмерной печати приемлемо. При экструзии без ультразвука отклонение составило 0,11 мм. При этом в продольном сечении нить имела волнообразную форму, практически отсутствовали достаточно протяженные участки одного диаметра.

15 На фиг. 4 видно, что нить, изготовленная с ультразвуковым воздействием на сопло, имеет гораздо более однородную морфологию поверхности с минимальными кавернами и микроволнами, что обусловлено снижением трения в момент экструзии нити через фильеру, совершающую ультразвуковые колебания. Также это определяется акустическими течениями в пластичном материале и его перемешиванием за счет
20 волновых процессов.

При осуществлении процесса 3D-печати такая морфология поверхности и большие твердость и прочность будут способствовать лучшему прохождению нити через отверстие печатающей головки, предотвращению разрыва нитей и их залипания, что повысит стабильность процесса.

25 Тем самым решается техническая проблема создания предлагаемой полезной модели: обеспечивается требуемое качество печати ремонтных комплектов уплотнительных элементов широкого диапазона типоразмеров из резиноподобных эластичных филаментов, в том числе после транспортировки, например, в автомобиле по дорогам различного класса, в частности, по грунтовым проселочным.

30

(57) Формула полезной модели

1. 3D-принтер полярной схемы, содержащий основание, снабженное механизмом привода подъемного стола, содержащий ведущий винт, перпендикулярный нижней поверхности основания, и одну направляющую рейку, на котором установлена
35 вращающаяся платформа построения и механизм ее поворота, и раму, верхняя часть которой снабжена механизмом привода печатающей головки, снабженной устройством подачи и нагрева филамента, отличающийся тем, что печатающая головка содержит нагреваемую часть, присоединенную к ультразвуковому преобразователю, содержащему, по крайней мере, два пьезокерамических излучателя ультразвуковых
40 колебаний, расположенных под углом к оси нагреваемой части экструдера, равным 60-65°, при этом активная и пассивная накладки ультразвуковых преобразователей выполнены соответственно из алюминиевого сплава и стали и имеют длину, обеспечивающую резонансную частоту колебаний 44 кГц, механизм привода печатающей головки представляет собой прецизионный линейный шаговый двигатель,
45 на якоре которого установлена печатающая головка, в конструкцию рамы введены регулируемые упоры, имеющие возможность жестко фиксировать подъемный стол и печатающую головку в нулевом положении.

2. 3D-принтер по п. 1, отличающийся тем, что основание жестко закреплено на

виброизолированном столе, установленном в транспортном средстве, а стол выполнен с системой виброизоляции на элементах с отрицательной жесткостью.

5

10

15

20

25

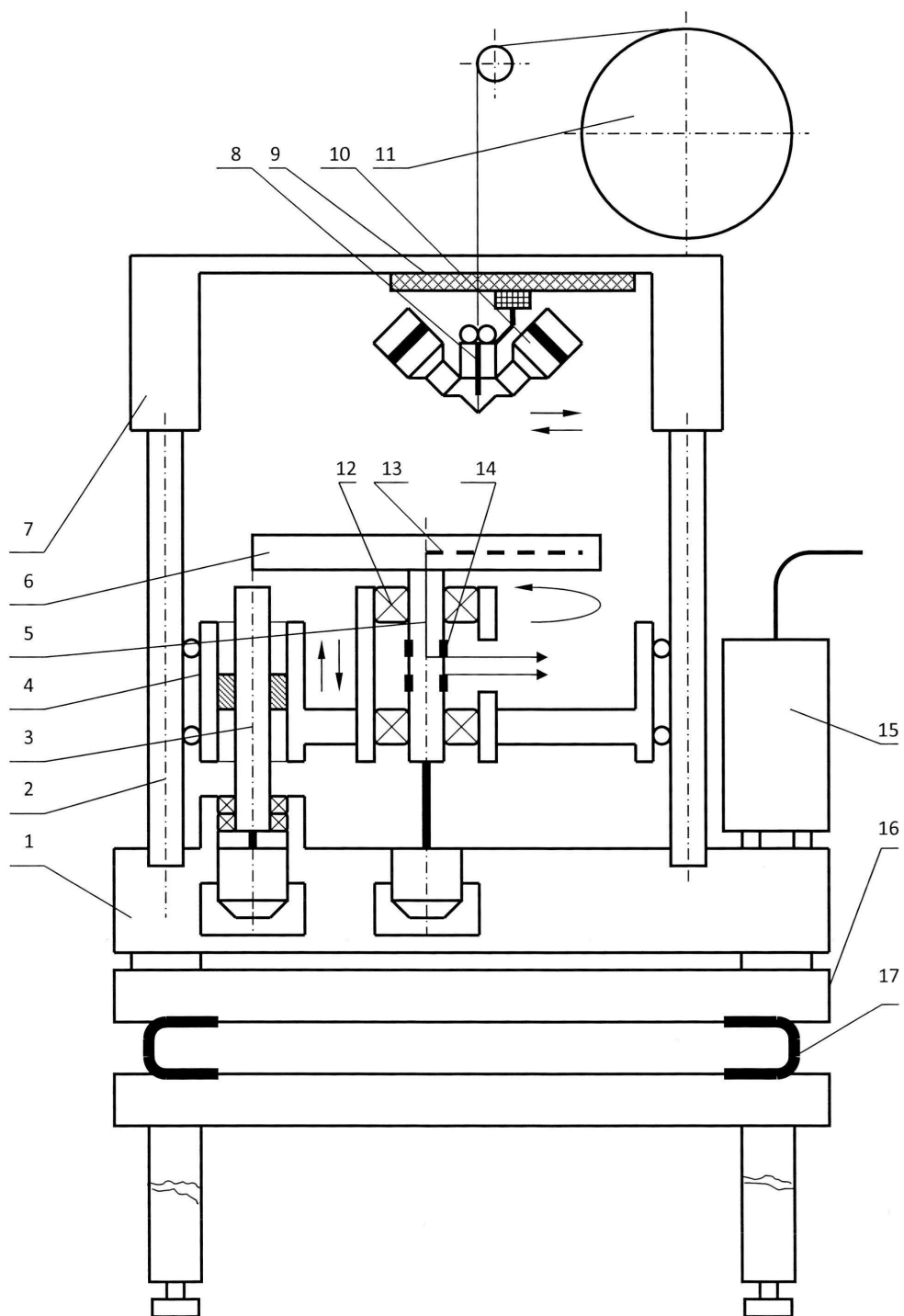
30

35

40

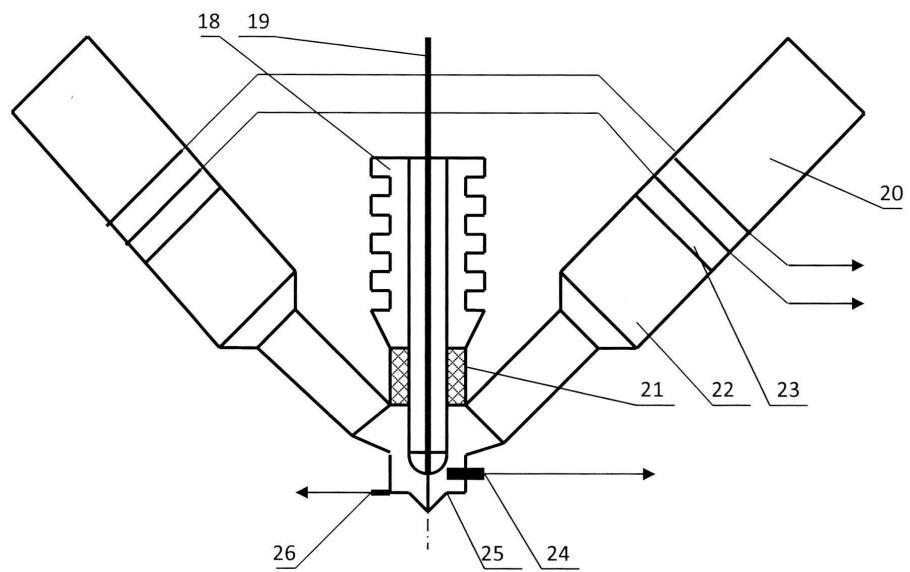
45

1

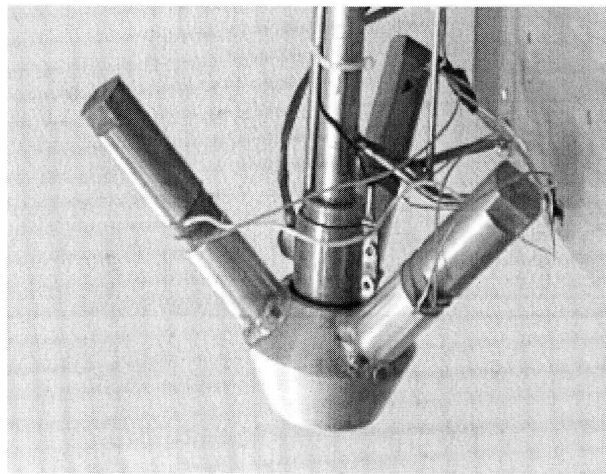


Фиг. 1

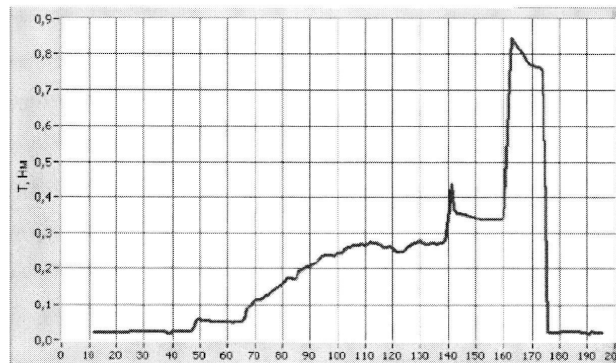
2



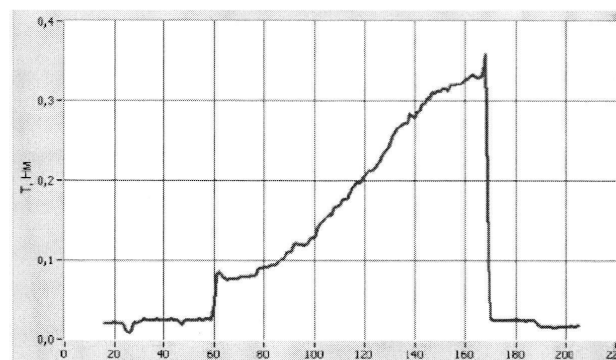
Фиг. 2 а



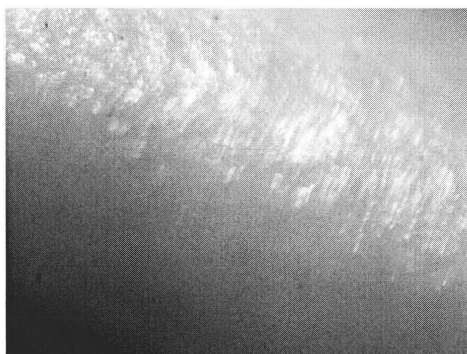
Фиг. 2 б



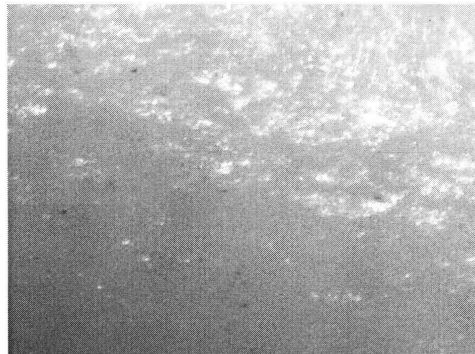
Фиг. 3а



Фиг. 3 б



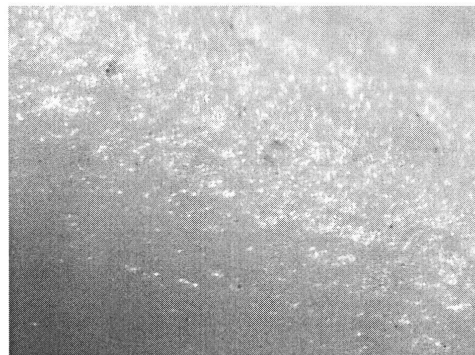
Фиг. 4 а



Фиг. 4 б



Фиг. 4 в



Фиг. 4 г