

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **043672**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.06.09

(21) Номер заявки
202291999

(22) Дата подачи заявки
2020.12.31

(51) Int. Cl. **B25J 9/16** (2006.01)
E21D 11/40 (2006.01)
B25J 19/02 (2006.01)

(54) **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНТАЖА
СЕГМЕНТОВ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ**

(31) **10 2019 135 908.2; 10 2020 101 081.8**

(32) **2019.12.31; 2020.01.17**

(33) **DE**

(43) **2023.01.31**

(86) **PCT/EP2020/088085**

(87) **WO 2021/136837 2021.07.08**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ХЕРРЕНКНЕХТ АГ (DE)

(72) Изобретатель:
Сэн Фредерик, Пабст Штефан (DE)

(74) Представитель:
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,
Кузнецова Т.В. (RU)**

(56) **AT-B-409161
JP-A-2019085782
JP-A-H08296400
US-A1-2013158947**

(57) Предложено устройство (10) для автоматизированного монтажа сегментов (110) кольца тоннельной обделки для обделки пройденного тоннелепроходческой машиной участка тоннеля, соединяемое с тоннелепроходческой машиной и содержащее: манипулятор (20), имеющий по меньшей мере один инструмент для захвата, удержания и укладки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки, по меньшей мере один датчик (230) положения инструмента, установленный на манипуляторе и/или инструменте, по меньшей мере два датчика сегмента тоннельной обделки, представляющих собой времяпролетную камеру и расположенных на манипуляторе и/или инструменте, блок управления, имеющий доступ к данным установки сегментов тоннельной обделки и к данным измерений датчиков положения инструмента и сегмента тоннельной обделки, и обеспечивающий управление исполнительным механизмом (17, 22, 24) и инструментом манипулятора для перемещения инструмента из положения захвата в положение укладки сегмента тоннельной обделки, ориентации сегмента тоннельной обделки в фактическое положение укладки и его расположения относительно уже уложенного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки.

043672
B1

043672
B1

Изобретение относится к устройству для автоматизированного монтажа по меньшей мере одного сегмента кольца тоннельной обделки для обделки пройденного тоннелепроходческой машиной участка тоннеля, которое выполнено с возможностью соединения с тоннелепроходческой машиной, а также к способу автоматизированного монтажа по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки.

При проходке тоннеля с помощью тоннелепроходческой машины кольца из железобетонных сегментов (тюбингов) используют, помимо прочего, в качестве тоннельной обделки. Их укладывают, например, под щитом тоннелепроходческой машины или непосредственно у стены тоннеля с помощью эректора. Для этого в эректоре предусмотрен, например, манипулятор, который выполнен с возможностью перемещения в осевом, радиальном и тангенциальном направлениях относительно основания эректора.

Такие манипуляторы известны, например, из робототехники. Они представляют собой, например, подвижную часть робота и обеспечивают физическое взаимодействие с окружающей средой или с объектами в окружающей среде. Например, манипулятор выполняет работу или задачи с помощью специальных инструментов. Кроме того, инструменты могут быть позиционированы в пространстве с помощью исполнительных механизмов. Кроме того, при этом проводят измерения, которые позволяют либо позиционировать, либо обрабатывать и/или собирать данные для оценки. Например, манипулятор имеет опорные компоненты, которые подвижно соединены друг с другом посредством исполнительных механизмов.

В данном случае для укладки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки на манипуляторе расположен захватный инструмент. Под такими инструментами могут подразумеваться, например, зацепные инструменты и/или присосочные инструменты. Инструмент или манипулятор как таковой могут быть перемещены с помощью исполнительных механизмов. Зацепные инструменты зацепляют, например, прикрепленную к сегменту тоннельной обделки цапфу. Присосочные инструменты, в свою очередь, присасываются, например, непосредственно к сегменту тоннельной обделки.

Сегменты тоннельной обделки подают на место захвата в определенной последовательности посредством подающего узла (подачика сегментов). В месте захвата сегмент тоннельной обделки посредством инструмента манипулятора захватывают, поднимают и перемещают в соответствующее место укладки. Для этого предусмотрены исполнительные механизмы, обеспечивающие соответствующие вращательные, линейные и/или наклонные перемещения инструмента.

По сей день перемещениями манипулятора или его инструмента управляет оператор эректора. При этом отдельными исполнительными механизмами эректора или манипулятора, предпочтительно, управляют с помощью дистанционного управления, посредством соответствующих элементов управления. Это является опасным занятием, поскольку оператор эректора для обеспечения возможности укладки сегментов тоннельной обделки под визуальным контролем должен находиться в зоне действия эректора. Кроме того, вследствие наличия многочисленных степеней свободы и различных исполнительных механизмов, а также необходимости в поддержании точности укладки сегментов тоннельной обделки, для обеспечения возможности безопасного выполнения процессов захвата, перемещения и укладки при всей их сложности, перемещения эректора/манипулятора подвергают дросселированию, при необходимости, при содействии со стороны других лиц на площадке.

Под эректором подразумевают разновидность специального крана, инструмент которого может быть перемещен, например, с помощью гидравлического привода по осям в радиальном, тангенциальном и осевом направлениях относительно оси машины тоннелепроходческой машины. Сама радиальная ось может быть выполнена, например, в виде телескопического узла или посредством параллельного шарнирного крепления. Для захвата сегментов тоннельной обделки к манипулятору присоединен инструмент, также называемый головкой эректора. Головка эректора оснащена захватным механизмом, позволяющим поднимать и перемещать соответствующий сегмент тоннельной обделки. Для точного позиционирования, ориентация головки эректора может быть изменена, например, вокруг поворотных осей с гидравлическим приводом, в форме поворота, а также продольного и поперечного наклонов. В общем случае, исполнительные механизмы перемещают инструмент относительно оси машины тоннелепроходческой машины. Например, инструмент может быть перемещен в осевом направлении вдоль оси машины, в радиальном направлении от оси машины и повернут вокруг оси машины (вращение). Также могут происходить дополнительные вращательные перемещения, например, вокруг ориентированных в радиальном направлении по отношению к оси машины осей (продольный и поперечный наклоны).

Кольцо тоннельной обделки состоит из нескольких сегментов тоннельной обделки. Количество сегментов может быть различным в зависимости от конструкции кольца. Тангенциальное положение отдельных сегментов в кольце предварительно задают в зависимости от конструкции тоннельной обделки. В зависимости от конструкции, кольцо может состоять из прямых сегментов, в которых продольные стыки перпендикулярны кольцевым стыкам, или из комбинации, например, трапециевидных, полутрапециевидных, прямых и/или выполненных в других формах сегментов тоннельной обделки. За счет минимальных отличий в размерах осевой длины сегментов, путем их укладки повернутыми друг относительно друга могут быть реализованы изгибы тоннеля.

Отверстия для монтажных приспособлений, так называемых стыковых штырей, могут быть предусмотрены на сегментах на их контактных поверхностях, на продольных стыках и/или на кольцевых стыках. Стыковые штыри соответственно вставляют в предусмотренные для этой цели в сегменте тоннельной обделки отверстия. После поступления сегмента в соответствующее положение укладки монтажные приспособления вставляют в предусмотренные для этой цели в уже уложенных сегментах отверстия. Для этого оператор эректора производит точную настройку позиционирования инструмента для соответствующего введения монтажных приспособлений. Затем сегмент оказывается соответствующим образом уложенным.

После пробуривания хода тоннелепроходческой машины (например, 1,2 м) начинают процесс обделки. Для этого эректор захватывает первый сегмент тоннельной обделки из податчика сегментов. В то же время расположенные в требуемой области укладки сегмента тоннельной обделки щитовые домкраты тоннелепроходческой машины втягивают для обеспечения возможности осуществления обделки в области укладки сегмента тоннельной обделки. После укладки сегмента тоннельной обделки щитовые домкраты вновь выдвигают для прижатия сегмента тоннельной обделки к предыдущему кольцу обделки в окончательном положении. При этом краевые уплотнения сегментов тоннельной обделки также оказываются сжатыми до необходимого размера. После этого инструмент эректора освобождают и перемещают обратно в положение захвата для захвата следующего сегмента тоннельной обделки. В то же время соответствующие щитовые домкраты втягивают, и процесс повторяется до укладки полного кольца. После укладки в сегментном кольце тоннельной обделки замкового камня, уплотнения в продольных стыках также оказываются сжатыми, кольцо закрытым, а сегменты тоннельной обделки приведенным в окончательное положение, при необходимости, путем окончательной запрессовки сегментов тоннельной обделки посредством щитовых домкратов. После завершения обделки кольцевое пространство между стеной тоннеля и готовым кольцом обделки позднее уплотняют, например, с помощью строительного раствора.

Поскольку, как уже объяснялось, такая деятельность является опасной и напряженной, и в то же время она должна выполняться с пониженной скоростью вследствие связанных с возможными перемещениями сложностей, уже давно предпринимаются усилия по автоматизации процесса укладки сегментов тоннельной обделки для сооружения кольца тоннельной обделки. Несколько подходов к этому уже известны из уровня техники, см. среди прочих FR 2,745,327, CN 104747213, JPH08-296400, WO 2018065726.

Поскольку сегменты тоннельной обделки имеют производственные допуски, а пройденная стена тоннеля, на которую устанавливаются сегменты тоннельной обделки, также имеет допуски по размерам, необходимо регистрировать точную ориентацию фактически уже уложенных сегментов тоннельной обделки или полных колец тоннельной обделки в пройденном пространстве. Кроме того, во время укладки необходимым является регулирование и позиционирование требуемой укладки соответствующего сегмента тоннельной обделки относительно уже фактически уложенных сегментов. Из уровня техники для этой цели известны ПЗС-камеры, контактные датчики, лазерные профилометры, радар и ультразвук. Иногда они бывают весьма неточными вследствие условий окружающей среды при продвижении тоннелепроходческой машины, таких как влажность, пыль, грязь, наличие монтажных частей в окружающей среде и тому подобного.

Поэтому целью изобретения является улучшение регистрации для автоматизированной укладки сегментов тоннельной обделки.

В отношении устройства согласно изобретению цель достигнута посредством комбинации признаков по п.1 формулы изобретения. Дополнительные выгодные варианты осуществления заданы посредством зависимых пунктов формулы изобретения. Кроме того, цель изобретения в отношении способа достигнута посредством комбинации признаков по п.10 формулы изобретения. Дополнительные выгодные варианты осуществления заданы посредством зависимых пунктов формулы изобретения.

Устройство согласно изобретению для автоматизированной установки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки для обделки пройденного тоннелепроходческой машиной участка тоннеля, которое выполнено с возможностью соединения с тоннелепроходческой машиной, имеет следующие неисчерпывающие признаки:

манипулятор, имеющий по меньшей мере один инструмент для захвата, удержания и укладки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки, а также по меньшей мере один исполнительный механизм для перемещения по меньшей мере одного инструмента, причем по меньшей мере один инструмент выполнен с возможностью перемещения с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма в радиальном, тангенциальном и/или осевом направлении относительно оси машины тоннелепроходческой машины в пространстве построенного посредством тоннелепроходческой машины участка тоннеля,

по меньшей мере один датчик положения инструмента, установленный на манипуляторе и/или инструменте для регистрации соответствующего фактического положения и фактической ориентации инструмента в пространстве участка тоннеля,

по меньшей мере один датчик сегмента тоннельной обделки, расположенный на манипуляторе и/или инструменте, с помощью которого является регистрируемым фактическое положение и/или факти-

ческая ориентация по меньшей мере одного участка по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки, и/или с помощью которого является регистрируемым фактическое положение и/или фактическая ориентация соответствующего укладываемого сегмента тоннельной обделки,

по меньшей мере один блок управления, который получает доступ к данным установки сегментов тоннельной обделки и к данным измерений по меньшей мере одного датчика положения инструмента и по меньшей мере одного датчика сегмента тоннельной обделки, и с помощью которого по меньшей мере один исполнительный механизм и по меньшей мере один инструмент являются управляемыми на основе данных установки и данных измерений для перемещения инструмента из положения захвата в требуемое положение укладки соответствующего сегмента тоннельной обделки, для ориентации сегмента тоннельной обделки в фактическое положение укладки и для расположения относительно по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки,

причем предусмотрены по меньшей мере два датчика сегмента тоннельной обделки, и причем датчик сегмента тоннельной обделки представляет собой времяпролетную камеру.

Времяпролетные камеры - это системы трехмерных камер, которые измеряют расстояния по способу регистрации времени пролета. Для этого сцена освещается световым импульсом, а камера измеряет для каждой точки изображения время, необходимое для достижения светом объекта и его возвращения обратно. Необходимое для этого время является прямо пропорциональным расстоянию. Таким образом, для каждой точки изображения камера предоставляет расстояние до изображенного на ней объекта. Преимущество этого способа заключается в том, что вся сцена записывается сразу и ее не нужно сканировать.

Вопреки всем ожиданиям в отношении так называемых времяпролетных камер, которые, по мнению экспертов, в особой мере подходят для использования на больших расстояниях, было показано, что эти датчики предоставляют возможность особо простого определения точного положения уже уложенных сегментов или колец обделки. Кроме того, обеспечена возможность особо точного определения ориентации и расстояния или позиционирования подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки относительно уже уложенных сегментов тоннельной обделки; при этом, прежде всего, регистрируют расстояния между стыками. За счет этого блоку управления обеспечена возможность легкого внесения необходимых поправок, и соответственно, точной установки сегментов. Также возможной является трехмерная регистрация, в отличие от лазерных профилометров или других датчиков.

Предпочтительным при этом является, когда по меньшей мере один инструмент представлен захватным элементом. За счет этого обеспечена возможность легкого захвата и перемещения соответствующего сегмента.

Также предпочтительным является, когда по меньшей мере один датчик положения инструмента представляет собой цилиндр измерения перемещений, датчик угла поворота, датчик положения, инклинометр и/или датчик перемещения. Кроме того, предпочтительным является, когда данные представляют собой план укладки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, план доставки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, положение места захвата для захвата соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, требуемое положение укладки соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, и/или информацию о типе, а также физических свойствах, таких как, например, масса и размеры соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки. За счет этого является возможным получение блоком управления простым способом всех необходимых данных для выявления необходимых действий исполнительных механизмов для перемещения сегмента тоннельной обделки от места захвата до фактического положения укладки.

Согласно еще одному изобретению с блоком управления соединен человеко-машинный интерфейс. За счет этого обеспечено простое средство добавления к автоматическому способу ручных управляющих воздействий.

Согласно еще одному изобретению предусмотрен по меньшей мере один дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки, предпочтительно в виде времяпролетной камеры или двухмерной камеры. Предпочтительным при этом является, когда дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки расположен в области датчиков сегмента тоннельной обделки или в области инструмента. Зарегистрированные с его помощью сигналы затем, предпочтительно, оцениваются посредством, например, блока управления с помощью обработки изображений. Кроме того, предпочтительным является наложение и/или комбинирование данных двух датчиков сегмента тоннельной обделки с данными дополнительного датчика сегмента тоннельной обделки. За счет этого, например, могут быть легко обнаружены препятствия при приближении к требуемому положению. Кроме того, могут быть поддержаны обнаружение краев сегментов тоннельной обделки и измерение зазоров между сегментами тоннельной обделки, а также между сегментами тоннельной обделки и стеной тоннеля, и за счет этого, например, могут быть достигнуты резервирование безопасности или более быстрая обработка.

Кроме того, измерение "зазора хвостовой секции щита" - расстояния между внешней стороной сегментов тоннельной обделки и стенкой тоннеля - также может быть выполнено простым способом путем прохождения соответствующей области.

Другое изобретение предусматривает, что блок управления соединен с блоком управления тоннеле-

проходческой машины. В данном случае предпочтительным является, когда функционирование тоннелепроходческой машины является контролируемым с помощью блока управления устройством посредством блока управления тоннелепроходческой машины. За счет этого обеспечен простой способ автоматического управления с помощью блока управления теми элементами тоннелепроходческой машины, которые подлежат приведению в действие для автоматизированной установки сегментов тоннельной обделки.

Другое изобретение предусматривает, что щитовые домкраты тоннелепроходческой машины выполнены с возможностью втягивания и выдвигания посредством блока управления так, что они являются прижимаемыми к уложенным сегментам тоннельной обделки. За счет этого обеспечена возможность использование блока управления для простого и безопасного удержания сегментов тоннельной обделки на месте.

Другое изобретение предусматривает, что подающий узел (податчик сегментов) для подачи сегмента тоннельной обделки к месту захвата для захвата его инструментом выполнен с возможностью управления посредством блока управления так, что сегмент тоннельной обделки может быть предоставлен посредством блока управления. За счет этого подача сегментов тоннельной обделки может быть простым способом осуществлена в зависимости от их укладки.

Другое изобретение предусматривает, что датчик времяпролетной камеры захватывает двухмерное изображение.

Способ согласно изобретению автоматизированной установки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки для обделки пройденного тоннелепроходческой машиной участка тоннеля с помощью описанного выше устройства, на котором предусмотрен манипулятор, оснащенный по меньшей мере одним инструментом для захвата, удержания и укладки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки, и которое предусмотрено в тоннелепроходческой машине, имеет следующие неисчерпывающие признаки:

причем по меньшей мере один инструмент перемещают с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма в радиальном, тангенциальном и/или осевом направлении относительно оси машины тоннелепроходческой машины в пространстве построенного посредством тоннелепроходческой машины участка тоннеля,

причем фактическое положение и фактическую ориентацию инструмента в пространстве участка тоннеля регистрируют с помощью по меньшей мере одного инструмента установленного на манипуляторе и/или инструменте датчика положения,

причем фактическое положение и/или фактическую ориентацию по меньшей мере одного участка по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки регистрируют с помощью по меньшей мере одного установленного на манипуляторе и/или инструменте датчика сегмента тоннельной обделки, и/или причем фактическое положение и/или фактическую ориентацию соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки регистрируют с помощью по меньшей мере одного датчика сегмента тоннельной обделки,

причем обеспечивают по меньшей мере один блок управления, который получает доступ к данным установки сегментов тоннельной обделки, а также к данным измерений по меньшей мере одного датчика положения инструмента и по меньшей мере одного датчика сегмента тоннельной обделки,

причем по меньшей мере один блок управления управляет по меньшей мере одним исполнительным механизмом и по меньшей мере одним инструментом на основе данных установки и данных измерений так, что инструмент с сегментом тоннельной обделки перемещается из соответствующего положения захвата в соответствующее требуемое положение укладки, и сегмент тоннельной обделки на основе данных измерений датчика сегмента тоннельной обделки ориентируется в фактическое положение укладки и располагается относительно по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки,

причем предусматривают по меньшей мере два датчика сегмента тоннельной обделки, и причем датчик сегмента тоннельной обделки представляет собой времяпролетную камеру.

Согласно еще одному изобретению по меньшей мере один инструмент представляет собой захватный элемент. За счет этого обеспечена возможность легкого захвата и перемещения соответствующего сегмента.

Предпочтительным при этом является, когда по меньшей мере один датчик положения инструмента представляет собой цилиндр измерения перемещений, датчик угла поворота, датчик положения, инклинометр и/или датчик перемещения. Кроме того, предпочтительным является, когда данные представляют собой план укладки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, план доставки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, положение места захвата для захвата соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, требуемое положение укладки соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, и/или информацию о типе, а также физических свойствах, таких как, например, масса и размеры соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки. За счет этого является возможным получение блоком управления простым способом всех необходимых данных для выявления необходимых действий исполнительных механизмов для перемещения

сегмента тоннельной обделки от места захвата до фактического положения укладки.

Кроме того, предпочтительным является, когда с блоком управления соединен человеко-машинный интерфейс. За счет этого обеспечено простое средство добавления к автоматическому способу ручных управляющих воздействий.

Кроме того, предпочтительным является, когда предусмотрен по меньшей мере один дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки, предпочтительно в виде времяпролетной камеры или двухмерной камеры. Зарегистрированные с его помощью сигналы затем, предпочтительно, оцениваются посредством, например, блока управления с помощью обработки изображений. Предпочтительным при этом является, когда дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки расположен в области датчиков сегмента тоннельной обделки или в области инструмента. Зарегистрированные с его помощью сигналы затем, предпочтительно, оцениваются посредством, например, блока управления с помощью обработки изображений. Кроме того, предпочтительным является наложение и/или комбинирование данных двух датчиков сегмента тоннельной обделки с данными дополнительного датчика сегмента тоннельной обделки. За счет этого, например, могут быть легко обнаружены препятствия при приближении к требуемому положению. Кроме того, могут быть поддержаны обнаружение краев сегментов тоннельной обделки и измерение зазоров между сегментами тоннельной обделки, а также между сегментами тоннельной обделки и стеной тоннеля, и за счет этого, например, могут быть достигнуты резервирование безопасности или более быстрая обработка.

Другое изобретение предусматривает, что датчик времяпролетной камеры захватывает двухмерное изображение.

Другое изобретение предусматривает, что блок управления соединен с блоком управления тоннелепроходческой машины. В данном случае предпочтительным является, когда блок управления устройства контролирует функционирование тоннелепроходческой машины посредством блока управления тоннелепроходческой машины. За счет этого обеспечен простой способ автоматического управления с помощью блока управления теми элементами тоннелепроходческой машины, которые подлежат приведению в действие для автоматизированной установки сегментов тоннельной обделки.

Другое изобретение предусматривает, что подающий узел (податчик сегментов) для подачи сегмента тоннельной обделки к месту захвата для захвата инструментом управляется посредством блока управления так, что сегмент тоннельной обделки предоставляется посредством блока управления. За счет этого подача сегментов тоннельной обделки может быть простым способом осуществлена в зависимости от их укладки.

Другое изобретение предусматривает, что щитовые домкраты тоннелепроходческой машины втягиваются и выдвигаются посредством блока управления так, что они прижимаются к уложенным сегментам тоннельной обделки. За счет этого обеспечена возможность использование блока управления для простого и безопасного удержания сегментов тоннельной обделки на месте.

Другое изобретение предусматривает, что после установки последнего сегмента тоннельной обделки (замкового камня) кольца сегментов тоннельной обделки, манипулятор измеряет расстояние между сегментами тоннельной обделки кольца сегментов тоннельной обделки и стеной тоннеля участка тоннеля с помощью по меньшей мере двух времяпролетных камер, предпочтительно путем по меньшей мере частичного прохождения кольца сегментов тоннельной обделки. За счет этого измерение "зазора хвостовой секции щита" - расстояния между внешней стороной сегментов тоннельной обделки и стеной тоннеля - также может быть выполнено простым способом путем прохождения соответствующей области. Кроме того, при необходимости обеспечена возможность отказа от контроля зазора хвостовой секции щита с помощью дополнительных измерительных устройств, например ультразвуковых датчиков.

Другое изобретение предусматривает, что после укладки сегмента тоннельной обделки в требуемое положение инструмент манипулятора остается соединенным с уложенным сегментом тоннельной обделки и перемещается совместно по меньшей мере с одним из щитовых домкратов тоннелепроходческой машины при прижатии сегмента тоннельной обделки, и что перемещение инструмента при этом регистрируют. За счет этого конечное положение сегмента тоннельной обделки может быть зарегистрировано простым способом.

В последующем изобретение более подробно разъяснено посредством предпочтительного варианта осуществления в сочетании с чертежом. При этом показано на:

фиг. 1 - вид в перспективе эректора с захваченным сегментом тоннельной обделки,

фиг. 2 - схематический вид укладки сегмента тоннельной обделки,

фиг. 3 - схематический вид укладки сегмента тоннельной обделки согласно изобретению в связи с устройством согласно изобретению с использованием способа согласно изобретению,

фиг. 4А-Д - схематическое изображение этапов точной регулировки перед укладкой сегмента тоннельной обделки в требуемое положение, и

фиг. 5А, Б - схематический вид захвата сегмента тоннельной обделки.

Фиг. 1 показывает эректор 10 как устройство согласно изобретению с базовой опорой 11, на которой расположены соединительные элементы 12 для соединения с тоннелепроходческой машиной (не показана). Соединительный элемент 12 показан здесь в виде фланца.

На базовой опоре 11 расположен манипулятор 20, на котором имеется, например, по меньшей мере одна подвижная опора 13, которая в данном случае, например, имеет с обеих сторон направляющие 14 скольжения. Направляющие элементы 15, например, также расположены в направляющих скольжения 14 с возможностью перемещения в качестве компонента манипулятора 20. Направляющие элементы 15, на которых, например, также расположена поворотная рама 16 как компонент манипулятора 20, являются смещаемыми в направлении стрелки А с помощью цилиндров 19 в качестве исполнительных механизмов.

Поворотная рама 16 в качестве компонента манипулятора 20 размещена, например, на направляющих элементах 15. Поворотная рама 16 имеет вращательный привод 17 в качестве исполнительного механизма. Поворотное кольцо 18 в качестве компонента манипулятора 20 является, например, вращаемым на поворотной раме 16. Поворотное кольцо 18 может совершать вращательное перемещение на поворотной раме 16 посредством вращательного привода 17 в качестве исполнительного механизма. Поворотное кольцо 18 выполнено с возможностью перемещения в направлении стрелки В.

На поворотном кольце 18 размещена рука 21 манипулятора в качестве составной части манипулятора 20. Она может быть соответствующим образом повернута с помощью поворотного кольца 18. Рука 21 манипулятора может быть повернута, например, относительно поворотной рамы 16. Это осуществляют, например, посредством по меньшей мере одного цилиндра 22 в качестве исполнительного механизма. На руке манипулятора как таковой в качестве инструмента предусмотрена головка 23 эректора. Она служит для захвата сегмента 110 тоннельной обделки. Головку 23 эректора перемещают в радиальном направлении в направлении стрелки С, например, путем приведения в действие цилиндра 22 в качестве исполнительного механизма.

Для точной регулировки положения сегментов 110 тоннельной обделки, как показано на фиг. 4А-Д, головка 23 эректора выполнена с возможностью вращения в направлении стрелки D, например, с помощью цилиндра 24 в качестве исполнительного механизма. Кроме того, головка 23 эректора имеет, например, в качестве исполнительных механизмов подвижные элементы 25, с помощью которых сегмент 110 тоннельной обделки может быть наклонен в направлении стрелки E или повернут в направлении стрелки F.

Сегмент 110 тоннельной обделки захватывают в положении 200 захвата (см. фиг. 2) при аналогичном показанному на фиг. 1 расположении головки 23 эректора. Сегмент 110 тоннельной обделки транспортируют к положению 200 захвата, например, с помощью так называемого податчика сегментов (не показан). Посредством управления цилиндрами 19, 22, 24, а также подвижными элементами 25 и вращательным приводом 17 с помощью блока управления (не показан), сегмент 110 тоннельной обделки может быть размещен на пройденном посредством тоннелепроходческой машины участке тоннеля путем его перемещения в направлении стрелок А-F.

Блок управления принуждает укладываемый сегмент 110 тоннельной обделки к перемещению в область требуемой укладки. Это показано, например, на фиг. 2. Головка 23 эректора, на которой размещен сегмент 110 тоннельной обделки оказывается при этом перемещенной в соответствующее положение посредством блока управления с помощью исполнительных механизмов 17, 19, 22, 24, 25. На фиг. 2 показано готовое закрытое кольцо 100 обделки, состоящее из отдельных уже уложенных сегментов 110 тоннельной обделки. В пространственном отношении перед ним находится еще одно пока не закрытое кольцо 100' тоннельной обделки. На фиг. 2 показан подлежащий укладке сегмент 110 тоннельной обделки, имеющий зазор 140 между продольными стыками на его коротких сторонах и зазор 150 между кольцевыми стыками на его длинной стороне. В качестве монтажных приспособлений предусмотрены стыковые штыри 120, которые могут быть вставлены в отверстия 130 (см. фиг. 1, 4Д).

Для обеспечения теперь возможности фактической укладки сегмента 110 тоннельной обделки в связи с уже уложенными сегментами 110 тоннельной обделки, угловые участки 160 (см. фиг. 3) укладываемого сегмента 110 тоннельной обделки сканируют с помощью времяпролетной камеры (не показана) в качестве датчика сегмента тоннельной обделки (не показан) и, при необходимости, например, с помощью ПЗС-камеры в качестве двухмерного датчика в качестве дополнительного датчика тоннельной обделки (не показан). Области 300 сканирования показаны на фиг. 3. За счет этого обеспечена возможность регистрации зазоров 140 между продольными стыками и зазоров 150 между кольцевыми швами, а также возможной погрешности наклона укладываемого сегмента 110 тоннельной обделки по отношению к уже уложенным сегментам 110 тоннельной обделки. На основании этих обнаруженных данных блок управления может соответственно управлять исполнительными механизмами таким образом, что, с одной стороны, стыковые штыри 120 могут быть вставлены в предусмотренные для этого отверстия 130 и, в то же время, укладываемый сегмент 110 тоннельной обделки может быть уложен в его фактическом положении. При необходимости, для лучшего распознавания данные датчиков сегментов тоннельной обделки объединяют, комбинируют или накладывают друг на друга.

Контроль требуемого положения осуществляют, например, путем регистрации отдельных движений исполнительных механизмов с помощью измерительных датчиков. За счет этого блоку управления обеспечена возможность точного определения положения в пространстве в данный момент инструмента или головки 23 эректора. За счет других известных размеров и других, не показанных здесь направляю-

ших средств, при захвате с помощью головки 23 эректора, положение укладываемого сегмента 110 тоннельной обделки, таким образом, также становится опосредованно известным. Блок управления может использовать это обстоятельство для перемещения сегмента 110 тоннельной обделки в область требуемого места укладки. При необходимости также происходит активное обнаружение препятствий, например, с помощью дополнительного датчика сегмента тоннельной обделки. Только на этом этапе имеется смысл в контроле угловых областей 160 с помощью трехмерной регистрации с использованием времяпролетных камер, в виде контроля областей 300 сканирования и непосредственного выявления фактических зазоров 140 между продольными стыками и зазоров 150 между кольцевыми швами, а также любых ошибок наклона. Форма областей 300 сканирования показана в данном случае только в качестве примера. Например, является возможной также прямоугольная форма. На основании этого сегмент 110 тоннельной обделки затем устанавливается в фактическое положение в качестве положения для установки. Затем сегмент 110 тоннельной обделки запрессовывают в окончательное положение в кольце тоннельной обделки с помощью непоказанных щитовых домкратов. Инструмент 23, предпочтительно, остается на уложенном сегменте тоннельной обделки и перемещается под действием щитовых домкратов при перемещении сегмента тоннельной обделки в окончательное положение. Это перемещение, предпочтительно, подлежит регистрации для обеспечения возможности фиксации окончательного положения.

Точная регулировка фактического положения и фактической ориентации сегмента 110 тоннельной обделки в направлении необходимых требуемой ориентации и требуемого положения, прежде всего, относительно фактической ориентации и фактического положения уже собранных сегментов 110 тоннельной обделки, показана на фиг. 4А-Д. Для точной регулировки, области 160 подвергают контролю с учетом соответствующих значений компенсации. При этом положения кромок и поверхностей друг относительно друга регистрируют и сравнивают, что позволяет определять необходимые для точной регулировки регулировочные перемещения.

На фиг. 4А показан поворот сегмента 110 тоннельной обделки в направлении стрелки D для достижения равномерных зазоров 150 между кольцевыми стыками. Показан меньший зазор 151 между кольцевыми стыками в левой угловой области 160 по сравнению с большим зазором 152 между кольцевыми стыками в правой угловой области 160, которые регулируют до требуемого зазора 150 между кольцевыми стыками путем поворота инструмента 23 в направлении стрелки D для достижения параллельности краев сегментов 110 тоннельной обделки.

На фиг. 4Б инструмент 23 поворачивают в направлении стрелки F для сведения к нулю радиальных расстояний 170, которые в данном случае показаны как радиальные расстояния 171, 172 разного размера. Только когда радиальное расстояние 170 оптимальным образом приведено к нулю, сегмент 110 тоннельной обделки может быть уложен правильно.

На фиг. 4В показано угловое смещение 180, которое также должно быть равно нулю для правильной укладки. Угловое смещение 180 устанавливают на нуль путем наклона инструмента 23 в направлении стрелки E.

Кроме того, необходимыми являются приведение краев сегментов 110 тоннельной обделки к одинаковой высоте и устранение смещения 190 по высоте. Для этого инструмент 23 перемещают в направлении стрелки В.

Кроме того, необходимым является выравнивание стыковых штырей 120 и отверстий для стыковых штырей 130 таким же образом, как на фиг. 4Д, где стыковые штыри 120 используются для укладки. В этом случае стыковые штыри 120 и отверстия 130 обнаруживают на соответствующих сегментах тоннельной обделки с помощью датчиков сегментов тоннельной обделки. Для правильной укладки сегментов 110 тоннельной обделки расстояние 210 также должно быть равным нулю. Это осуществляют путем вращения инструмента 23 в направлении стрелки В.

После окончательной укладки последнего сегмента 110 тоннельной обделки кольца тоннельной обделки 100, расстояние от кольца 100 тоннельной обделки до стены туннеля может быть измерено для определения зазора хвостовой секции щита. Для этого манипулятор 20 с инструментом 23 и расположенными на нем датчиками сегмента тоннельной обделки перемещают вдоль зазора (не показан) и регистрируют его. Например, может быть обнаружено повреждение сегментов 110 тоннельной обделки.

Кроме того, датчики сегментов тоннельной обделки могут быть использованы для перемещения по окончательно уложенному кольцу 100 тоннельной обделки для определения окончательных положений отдельных сегментов 110 тоннельной обделки кольца 100 тоннельной обделки. В данном случае, например, регистрируют края сегментов тоннельной обделки и ориентацию краев сегментов 110 тоннельной обделки по отношению друг к другу. Например, может быть обнаружено повреждение сегментов 110 тоннельной обделки.

Контроль, измерение и позиционирование сегмента 110 тоннельной обделки или его перемещение в пространстве могут быть поддержаны посредством двухмерного контроля, например с помощью камер (не показаны) или датчика времяпролетной камеры, а также посредством оценки полученных в процессе данных, в рамках которой полученные в процессе двухмерные графические данные объединяют с трехмерными графическими данными.

На фиг. 5А, Б показан пример захвата сегмента 110 тоннельной обделки посредством инструмента

23. В данном случае для захвата используют, например, цапфу 220, которая соединена с центром сегмента 110 тоннельной обделки. Инструмент перемещают в направлении стрелки А для захвата цапфы 220 и тем самым обеспечения соединения между инструментом и сегментом тоннельной обделки 110 для обеспечения возможности перемещения сегмента 110 тоннельной обделки из положения 200 захвата в требуемое положение укладки.

Для обеспечения возможности обнаружения цапфы в данном случае, предпочтительно, предусмотрен еще один датчик 230 сегмента тоннельной обделки, который расположен на инструменте 23. Он имеет зону 240 обнаружения, которая расположена перед инструментом для обеспечения возможности своевременного обнаружения цапфы 220. По осуществлении этого блок управления выравнивает ориентацию инструмента с помощью исполнительных механизмов 17, 19, 22, 24, 25 таким образом, что инструмент может быть, предпочтительно, перемещен в направлении стрелки А для захвата цапфы 220.

Датчик 230 сегмента тоннельной обделки, предпочтительно, представляет собой времяпролетную камеру. Эта камера, предпочтительно, может получать как трехмерные изображения, так и двухмерные изображения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство (10) для автоматизированного монтажа по меньшей мере одного сегмента (110) тоннельной обделки кольца тоннельной обделки для обделки пройденного тоннелепроходческой машиной участка туннеля, которое выполнено с возможностью соединения с тоннелепроходческой машиной, имеющее:

манипулятор (20), имеющий по меньшей мере один инструмент (23) для захвата, удержания и укладки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки и по меньшей мере один исполнительный механизм (17, 22, 24) для перемещения по меньшей мере одного инструмента, причем по меньшей мере один инструмент выполнен с возможностью перемещения с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма в радиальном, тангенциальном и/или осевом направлениях относительно оси машины тоннелепроходческой машины в пространстве построенного посредством тоннелепроходческой машины участка туннеля,

по меньшей мере один датчик (230) положения инструмента, установленный на манипуляторе и/или инструменте для регистрации соответствующего фактического положения и фактического местонахождения инструмента в пространстве участка туннеля,

по меньшей мере один датчик сегмента тоннельной обделки, расположенный на манипуляторе и/или инструменте, с помощью которого является регистрируемым фактическое положение и/или фактическая ориентация по меньшей мере одного участка по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки, и/или с помощью которого является регистрируемым фактическое положение и/или фактическая ориентация соответствующего укладываемого сегмента тоннельной обделки,

по меньшей мере один блок управления, который получает доступ к данным установки сегментов тоннельной обделки и к данным измерений по меньшей мере одного датчика положения инструмента и по меньшей мере одного датчика сегмента тоннельной обделки, и с помощью которого по меньшей мере один исполнительный механизм и по меньшей мере один инструмент являются управляемыми на основе данных установки и данных измерений для перемещения инструмента из положения захвата в требуемое положение укладки соответствующего сегмента тоннельной обделки, для ориентации сегмента тоннельной обделки в фактическое положение укладки и для расположения относительно по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки,

причем предусмотрены по меньшей мере два датчика сегмента тоннельной обделки, отличающиеся тем, что датчик сегмента тоннельной обделки представляет собой времяпролетную камеру.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что по меньшей мере один инструмент представляет собой захватный элемент.

3. Устройство по п.1 или 2, отличающееся тем, что по меньшей мере один датчик положения инструмента представляет собой цилиндр измерения перемещений, датчик угла поворота, датчик положения, инклинометр и/или датчик перемещения.

4. Устройство по одному из пп.1-3, отличающееся тем, что данные представляют собой план укладки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, план доставки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, положение места захвата для захвата соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, требуемое положение укладки соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, и/или информацию о типе, а также физических свойствах, таких как, например, масса и размеры соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки.

5. Устройство по одному из пп.1-4, отличающееся тем, что предусмотрен по меньшей мере один дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки, предпочтительно в виде времяпролетной камеры или двухмерной камеры.

6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки

расположен в области датчиков сегмента тоннельной обделки или в области инструмента.

7. Устройство по одному из пп.1-6, отличающееся тем, что щитовые домкраты тоннелепроходческой машины выполнены с возможностью втягивания и выдвигения посредством блока управления так, что они являются прижимаемыми к уложенным сегментам тоннельной обделки.

8. Устройство по одному из пп.1-7, отличающееся тем, что подающий узел (податчик сегментов) для подачи сегмента тоннельной обделки к месту захвата для захвата инструментом выполнен с возможностью управления посредством блока управления так, что сегмент тоннельной обделки может быть предоставлен посредством блока управления.

9. Устройство по одному из пп.1-8, отличающееся тем, что датчик времяпролетной камеры записывает двухмерное изображение.

10. Способ автоматизированной установки по меньшей мере одного сегмента (110) тоннельной обделки кольца тоннельной обделки для обделки пройденного тоннелепроходческой машиной участка тоннеля с помощью устройства (10) по одному из пп.1-9, на котором предусмотрен манипулятор (20), оснащенный по меньшей мере одним инструментом (23) для захвата, удержания и укладки по меньшей мере одного сегмента тоннельной обделки, и которое предусмотрено в тоннелепроходческой машине,

причем по меньшей мере один инструмент перемещают с помощью по меньшей мере одного исполнительного механизма (17, 22, 24) в радиальном, тангенциальном и/или осевом направлениях относительно оси машины тоннелепроходческой машины в пространстве построенного посредством тоннелепроходческой машины участка тоннеля,

причем фактическое положение и фактическую ориентацию инструмента в пространстве участка тоннеля регистрируют с помощью по меньшей мере одного установленного на манипуляторе и/или инструменте датчика (230) положения инструмента,

причем фактическое положение и/или фактическую ориентацию по меньшей мере одного участка по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки регистрируют с помощью по меньшей мере одного установленного на манипуляторе и/или инструменте датчика сегмента тоннельной обделки, и/или причем фактическое положение и/или фактическую ориентацию соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки регистрируют с помощью по меньшей мере одного датчика сегмента тоннельной обделки,

причем обеспечивают по меньшей мере один блок управления, который получает доступ к данным установки сегментов тоннельной обделки, а также к данным измерений по меньшей мере одного датчика положения инструмента и по меньшей мере одного датчика сегмента тоннельной обделки,

причем по меньшей мере один блок управления управляет по меньшей мере одним исполнительным механизмом и по меньшей мере одним инструментом на основе данных установки и данных измерений так, что инструмент с сегментом тоннельной обделки перемещается из соответствующего положения захвата в соответствующее требуемое положение укладки, и сегмент тоннельной обделки на основе данных измерений датчика сегмента тоннельной обделки ориентируется в фактическое положение укладки и располагается относительно по меньшей мере одного уже уложенного сегмента тоннельной обделки кольца тоннельной обделки,

причем предусматривают по меньшей мере два датчика сегмента тоннельной обделки,

отличающийся тем, что датчик сегмента тоннельной обделки представляет собой времяпролетную камеру.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что по меньшей мере один инструмент представляет собой захватный элемент.

12. Способ по п.10 или 11, отличающийся тем, что по меньшей мере один датчик положения инструмента представляет собой цилиндр измерения перемещений, датчик угла поворота, датчик положения, инклинометр и/или датчик перемещения.

13. Способ по одному из пп.10-12, отличающийся тем, что данные представляют собой план укладки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, план доставки подлежащих укладке сегментов тоннельной обделки, положение места захвата для захвата соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, требуемое положение укладки соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки, и/или информацию о типе, а также физических свойствах, таких как, например, масса и размеры соответствующего подлежащего укладке сегмента тоннельной обделки.

14. Способ по одному из пп.10-13, отличающийся тем, что предусмотрен по меньшей мере один дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки, предпочтительно в виде времяпролетной камеры или двухмерной камеры.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что дополнительный датчик сегмента тоннельной обделки расположен в области датчиков сегмента тоннельной обделки или в области инструмента.

16. Способ по одному из пп.10-15, отличающийся тем, что датчик времяпролетной камеры записывает двухмерное изображение.

17. Способ по одному из пп.14-16, отличающийся тем, что данные двух датчиков сегмента тоннельной обделки объединяют с данными дополнительного датчика сегмента тоннельной обделки.

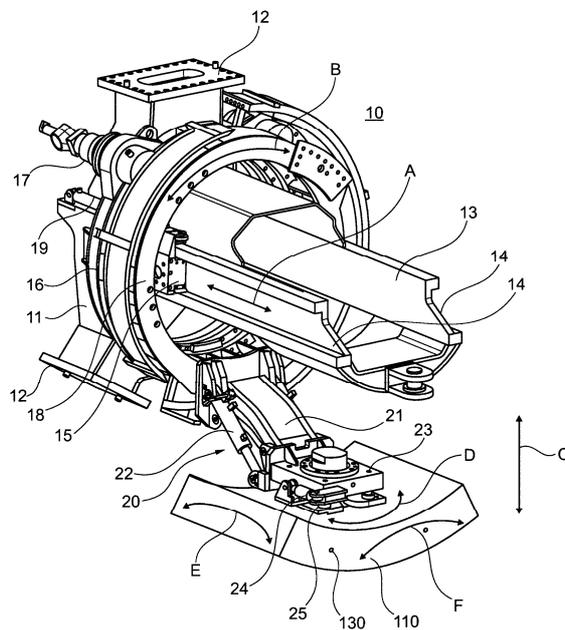
18. Способ по одному из пп.10-17, отличающийся тем, что подающий узел (податчик сегментов)

для подачи сегмента тоннельной обделки к месту захвата для захвата инструментом управляется посредством блока управления так, что сегмент тоннельной обделки предоставляется посредством блока управления.

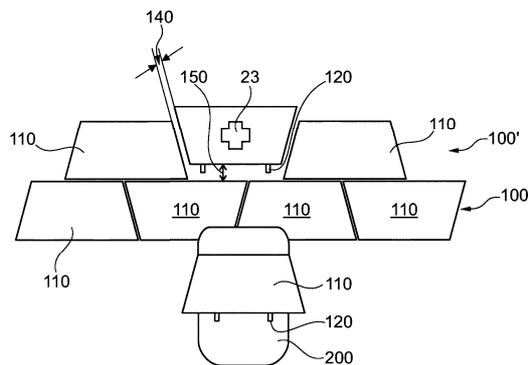
19. Способ по одному из пп.10-18, отличающийся тем, что щитовые домкраты тоннелепроходческой машины втягиваются и выдвигаются посредством блока управления так, что они прижимаются к уложенным сегментам тоннельной обделки.

20. Способ по одному из пп.10-19, отличающийся тем, что после установки последнего сегмента тоннельной обделки (замкового камня) кольца сегментов тоннельной обделки манипулятор измеряет расстояние между сегментами тоннельной обделки кольца сегментов тоннельной обделки и стеной тоннеля участка тоннеля с помощью по меньшей мере двух времяпролетных камер, предпочтительно путем по меньшей мере частичного прохождения кольца сегментов тоннельной обделки.

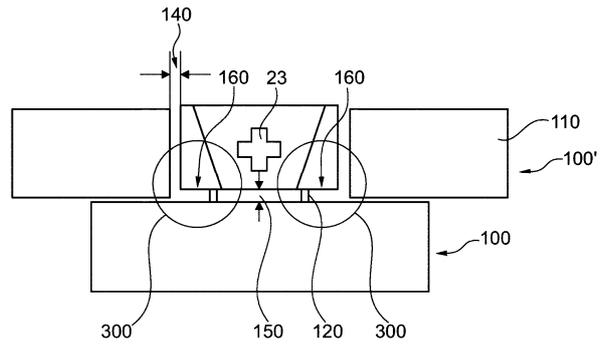
21. Способ по одному из пп.10-20, отличающийся тем, что после укладки сегмента тоннельной обделки в требуемое положение инструмент манипулятора остается соединенным с уложенным сегментом тоннельной обделки и перемещается совместно по меньшей мере с одним из щитовых домкратов тоннелепроходческой машины при прижатии сегмента тоннельной обделки, и что перемещение инструмента при этом регистрируют.



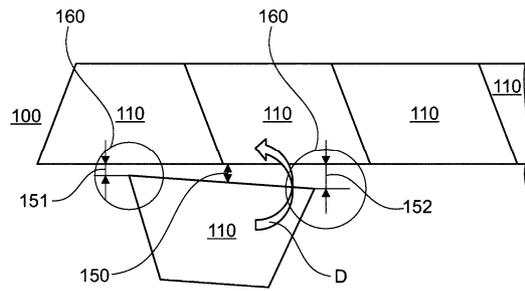
Фиг. 1



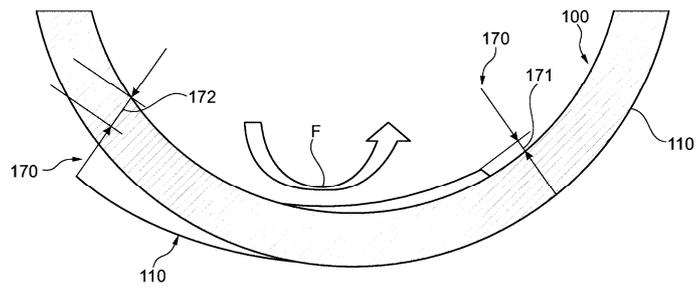
Фиг. 2



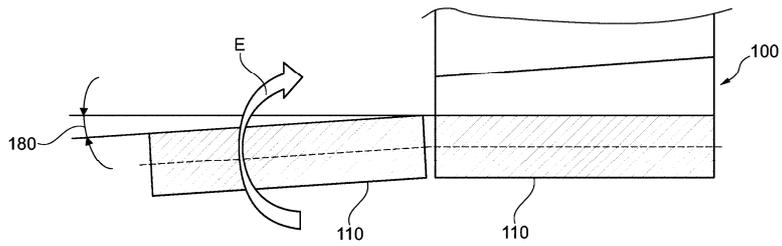
Фиг. 3



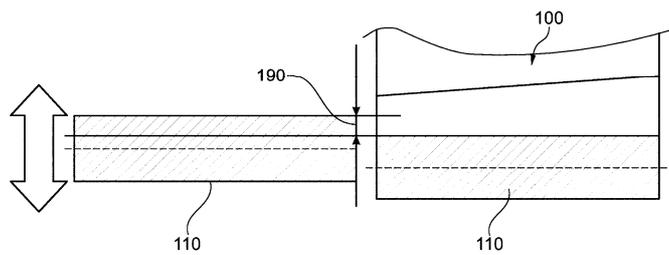
Фиг. 4А



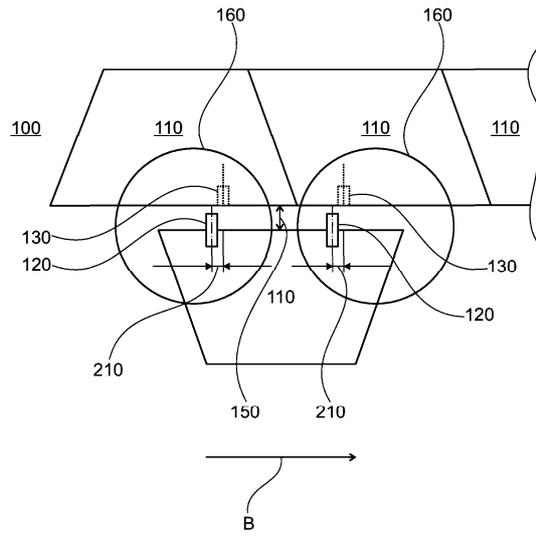
Фиг. 4Б



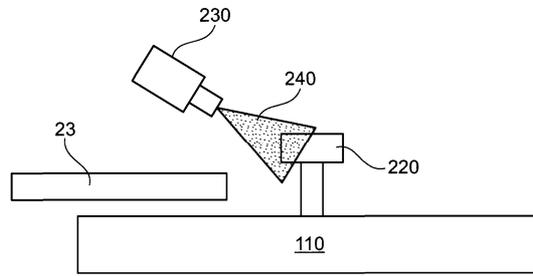
Фиг. 4В



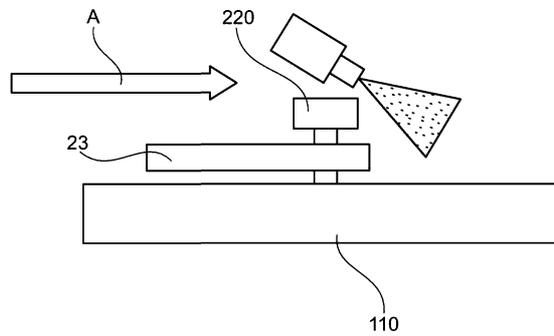
Фиг. 4Г



Фиг. 4Д



Фиг. 5А



Фиг. 5Б