

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036217**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.15

(21) Номер заявки
201892644

(22) Дата подачи заявки
2019.03.14

(51) Int. Cl. **F27D 1/16** (2006.01)
B25J 18/04 (2006.01)

**(54) СПОСОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ И
РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(43) **2020.09.30**

(96) **2019000015 (RU) 2019.03.14**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

**СПИРИН АЛЕКСЕЙ
АЛЕКСАНДРОВИЧ; ТАРАСОВ
ЮРИЙ МИХАЙЛОВИЧ (RU)**

(56) RU-A-2013108911
RU-C2-2274659
RU-C2-2647277
RU-C1-2665938
RU-C1-2047420
RU-C2-2674185
EP-B1-2199719

(74) Представитель:
Болотова А.Ю. (RU)

(57) Предложен способ автоматизированной огнеупорной футеровки и роботизированный комплекс для его осуществления, относится к области огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности огнеупорными материалами, используемого непосредственно для производственных и технологических процессов, и может быть использован для установки новой огнеупорной футеровки непосредственно внутри оборудования или для замены вышедшей из строя футеровки. Техническим результатом заявленного изобретения является возможность автоматизированной огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности без непосредственного участия человека в рабочей зоне во время непосредственного производства футеровочных работ, автоматизация и механизация процесса футеровки, сокращение времени футеровки, обеспечение ее высокого качества, позволяющего существенно сократить время простоя оборудования на проведение футеровочных работ, в том числе на установку новой огнеупорной футеровки.

B1

036217

036217

B1

Заявляемое изобретение относится к области огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности огнеупорными материалами, преимущественно к футеровке сталеразливочных ковшей, кислородных конвертеров вертикального типа, электродуговых сталеплавильных и доменных печей, агрегатов ковш-печь и иного вертикально ориентированного оборудования и агрегатов, используемых непосредственно для производственных и технологических процессов, и может быть использовано для установки новой огнеупорной футеровки непосредственно внутри оборудования или для замены вышедшей из строя футеровки.

Известен способ замены огнеупорной футеровки, заключающийся в том, что разбор вышедшей из строя футеровки и установки на нее новой футеровки производится без снятия свода непосредственно внутри печи. Для этого печь останавливают, охлаждают, устанавливают леса и производят демонтаж старой футеровки. Затем подготавливают поверхность и вручную порядно производят установку новой огнеупорной футеровки (см. книгу А.И.Вашенко, М.А.Глинка и др. Металлургические печи. 1964 г., с. 197-208).

Недостатком известного способа является отсутствие автоматизации и механизации при его реализации, что существенно увеличивает время замены футеровки и не обеспечивает ее стабильного качества.

Известен способ для замены футеровки (см. патент RU 2260756, МПК F27D 1/16, опубликован 20.09.2005 г.), включающий съем с печи секции свода вместе с металлическим каркасом и футеровкой из огнеупорной кладки, установку ее на неподвижные опоры, съем и удаление разрушенной футеровки, укладку новой футеровки на место снятой и установку секции на печь, причем перед съемом и удалением разрушенной футеровки секцию вместе с футеровкой переворачивают относительно опор таким образом, что после установки секции на опоры ее огнеупорная кладка оказалась сверху, а металлический каркас - снизу, при этом укладку новой футеровки осуществляют сверху по отношению к секции, а после укладки новой футеровки производят повторный переворот секции в исходное положение.

Основным недостатком известного способа является невозможность его использования для печей, у которых внешний корпус является неразборным (отсутствует возможность демонтажа и последующего обратного монтажа секций свода). Кроме того, в известном способе установка новой футеровки осуществляется вручную, увеличивая время остановки печи для ремонта, а в местах стыков секций между собой необходимы дополнительные работы по уплотнению торцов футеровки (в противном случае места стыков будут быстро выходить из строя).

Известны устройство для автоматизированной футеровки вертикальных конвертерных печей и способ футеровки, осуществляемый с его помощью (см. патент EP 2199719, МПК F27D 1/16, опубликован 23.06.2010 г.). Устройство представляет собой платформу с возможностью ее вертикального перемещения, установленные на платформе манипулятор для установки в горизонтальной плоскости элементов кладки, выполненный с возможностью поворота вокруг своей вертикальной оси, и растворный узел, транспортер, соединенный одним своим концом с платформой, а другим - с местом подачи элементов кладки, а также устанавливаемое отдельно в верхней части конвертера лазерное устройство (сканер) измерения и контроля его габаритов. Управление элементами устройства и их взаимодействием между собой осуществляется блоком управления. Футеровку с помощью данного устройства осуществляют следующим образом. Платформу устанавливают внутри конвертера (через разобранную боковую стенку либо специально предусмотренное отверстие в ней). Сканер состояния внутренней поверхности конвертера, предварительно установленный в его верхней части, определяет параметры поверхности (ее неровности, кривизну) и передает данные в блок управления. Блок управления анализирует полученные данные и подает команду на загрузку на транспортер определенных типоразмеров элементов кладки (далее кирпичей), которые подаются на платформу в зону растворного узла, где на них наносится связующий раствор, после чего они манипулятором устанавливаются на внутренней поверхности конвертера. Установка осуществляется последовательно по окружности, ряд за рядом снизу-вверх. При этом установка каждого последующего кирпича осуществляется с поворотом манипулятора на определенный угол, а по мере подъема кладки платформа поднимается вверх так, чтобы каждый ряд кладки осуществлялся в горизонтальной плоскости манипулятора.

Недостатком известного устройства и способа является низкое качество футеровки вследствие того, что не производится контроль ориентирования манипулятора устройства относительно внутренней поверхности печи, поскольку сканер установлен отдельно и осуществляет контроль только стенок печи, а позиционирование кирпича - манипулятором, поэтому кладка в каждый момент времени выполняется за счет нескольких, напрямую не связанных между собой механизмов (отдельно высота, угол поворота и вынос относительно центральной вертикальной оси конвертера). Отсутствует возможность контроля фактического размера кирпичей, применяемых для футеровки.

Известен принятый в качестве ближайшего аналога способ смены футеровки печи (см. патент RU 2274659, МПК F27D 1/16, опубликован 20.04.2006 г.), включающий охлаждение печи, получение доступа внутрь печи через входные отверстия печи путем изолирования печи от источников загружаемых материалов, снятие фурм и открывания входных отверстий, непосредственное снятие с внутренних стенок печи старой футеровки и последующую установку новой футеровки с использованием подвижной платформы для снятия и подъема элементов футеровки.

В известном способе использовано устройство для футеровки, выполненное с возможностью удержания, а также подъема и спуска элементов футеровки, позволяющее частично механизировать процесс замены футеровки печи. Недостатком такого устройства является невозможность его самостоятельного использования в футеровочном процессе (оно позволяет выполнять только вспомогательные действия).

Известно принятое в качестве ближайшего аналога устройство для кладки футеровки печей (см. патент RU 2561547, МПК F27D 1/16, опубликован 27.08.2015 г.), содержащее рабочую платформу, по меньшей мере одного робота для выполнения кладки, расположенного по меньшей мере в одной имеющей форму сектора или сегмента рабочей зоне 1 робота, при этом рабочая зона 1 робота содержит первый периферийный участок рабочей платформы, и по меньшей мере одну рабочую зону 2 для выполнения работ в ней рабочим, при этом рабочая зона 2 выполнена на рабочей платформе в форме сектора или сегмента и содержит по меньшей мере один второй периферийный участок рабочей платформы, отличающаяся тем, что рабочая платформа выполнена поворотной, робот с рабочей зоной 1 расположен на поворотной рабочей платформе и рабочая зона 1 робота и рабочая зона 2 выполнены на поворотной рабочей платформе на одинаковой высоте, и на поворотной рабочей платформе расположено устройство безопасности в виде защитной ограды, отделяющей рабочую зону 1 робота от рабочей зоны 2 с возможностью безопасного нахождения в рабочей зоне 2 при работе робота в рабочей зоне 1, или в виде защитного средства электроники, соответственно в виде защитного модуля программного обеспечения для мгновенного выключения робота при приближении рабочего.

Известное устройство обеспечивает более быструю замену футеровки по сравнению с неавтоматизированными способами и позволяет визуально контролировать ее качество, однако обладает недостатками.

Так, скорость замены футеровки на каждом этапе (без изменения вертикального положения устройства и его углового положения внутри печи) привязана одновременно к скорости укладки элементов футеровки роботом и скорости контроля и доработки людьми, которые находятся внутри печи на отдельной изолированной платформе. Сама точность кладки роботом устройства является условной и низкой (по сути, робот осуществляет предварительную кладку), что требует постоянного участия в процессе футеровки человека и соответственно снижает степень и уровень автоматизации и усложняет технологический процесс. Кроме того, постоянное присутствие людей в рабочей зоне робота манипулятора создает риск угрозы несчастных случаев.

Заявителями 29 января 2018 г. подана заявка №2017145100/102(077226) на техническое решение "Способ автоматизированной огнеупорной футеровки печей и роботизированный комплекс для его осуществления", предназначенное для футеровки печей любого типа, включающее создание 3D модели футеруемого участка печи, монтаж элементов роботизированного комплекса, разделение общей зоны футеровки на участки, сканирование футеруемого участка, корректировку 3D модели футеруемого участка с учетом данных, полученных в результате сканирования, определение количества циклов футеровки, установку платформы и манипулятора для кладки огнеупорных кирпичей, выполнение цикла футеровки, включающего определение места и установку в него первого кирпича, кладку огнеупорных кирпичей с помощью манипулятора для кладки огнеупорных кирпичей на определенную высоту печи до конца первого участка, фиксацию краев произведенной кладки, поворот печи вокруг центральной оси, повторную очередность операций цикла, окончательную фиксацию кладки, при этом на протяжении всего цикла футеровки обновление и корректировку 3D модели футеровки печи осуществляют автоматически с помощью программы для ЭВМ и корректируют типоразмер и последовательность кладки огнеупорных кирпичей с помощью данных, полученных с датчика технического зрения и программы для ЭВМ в блоке управления. Указанное техническое решение позволяет производить футеровку печей без непосредственного участия человека в рабочей зоне во время непосредственного производства футеровочных работ, автоматизировать процесс и сократить время футеровки, обеспечить ее высокое качество, позволяет существенно сократить время простоя печи на проведение футеровочных работ (на установку новой футеровки).

Данное техническое решение может применяться в том числе к оборудованию вертикального типа, однако такое устройство нуждается в усовершенствованиях для контроля расстояния до футеруемой поверхности, а также высоты расположения платформы, а также возможности передвижения платформы с манипулятором вертикально.

Задачами заявляемого изобретения является способ автоматизированной огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности огнеупорными материалами именно вертикального типа, например сталеразливочных ковшей, кислородных конвертеров вертикального типа, электродуговых сталеплавильных и доменных печей, агрегатов ковш-печь и иного вертикально ориентированного оборудования и агрегатов, используемых непосредственно для производственных и технологических процессов, и может быть использовано для установки новой огнеупорной футеровки непосредственно внутри оборудования или для замены вышедшей из строя футеровки. В процессе установки новой огнеупорной футеровки с использованием огнеупорных материалов (огнеупорные кирпичи, бетоны, растворы для кладки, мертели и сухие смеси, набивные материалы, прочие) оборудования металлургической промышленности следует учитывать множество изменяемых параметров, таких как следующие.

Вид (тип) оборудования: сталеразливочный ковш, кислородный конвертер вертикального типа,

электродуговая сталеплавильная и доменная печь, агрегат ковш-печь, иное вертикально ориентированное оборудование и агрегаты.

Параметры оборудования: внутренний диаметр оборудования (например, от 2-15 м), фактическое состояние внутренней поверхности корпуса оборудования и/или футеруемой поверхности. Корпус оборудования и/или футеруемая поверхность может иметь различные неровности и деформацию, включая, но не ограничиваясь: прогары, повреждения, сварочные швы, кривизна и прочие, в том числе наличие арматурного (теплоизоляционного) слоя футеровки, который могут оставлять полностью или частично, например, при футеровке только рабочего слоя футеровки или при наличии арматурного слоя и частично рабочего слоя футеровки, которые могут оставлять при футеровке части рабочего слоя футеровки, например при футеровке шлакового пояса в сталеразливочном ковше. При этом состояние внутренней поверхности корпуса оборудования или футеруемой поверхности, включая внутренний диаметр оборудования, может меняться на каждом футеруемом участке/отрезке (погонном метре/ряде/кольце). Проект (схема, чертежи) футеровки данного вида оборудования: марки огнеупорных материалов и размеры огнеупорных кирпичей, используемых для футеровки данного вида оборудования, вес огнеупорных кирпичей, способ кладки огнеупорных кирпичей (например, в перевязку/рядами/кольцами), с использованием огнеупорного раствора и/или бетона или без их, с использованием сухих смесей и/или набивных масс или без них, количество рядов кладки, в том числе наличие арматурного слоя и 1-2 слоев рабочей футеровки.

Фактические размеры огнеупорных кирпичей, применяемых при футеровке, могут отличаться от проектных (стандартных типоразмеров предприятия-изготовителя огнеупорных кирпичей) с нормой допуска $\pm 5-10$ мм.

Также другие параметры.

Учитывая множество изменяемых параметров, в качестве решения задачи автоматизированной огнеупорной футеровки применяется способ автоматизированной огнеупорной футеровки оборудования и роботизированный комплекс для осуществления данного способа, включающий блок управления, содержащий программное обеспечение с обновляемой 3D моделью футеровки, программными кодами, алгоритмами и нейронными сетями для управления роботизированным комплексом и процессом футеровки оборудования огнеупорными материалами, контролем качества футеровки на каждом футеруемом участке/отрезке (погонном метре/ряде/кольце).

Автоматическое обновление 3D модели футеровки внутренней поверхности оборудования (футеруемой поверхности) осуществляется каждый раз с укладкой отдельно взятого огнеупорного материала непрерывно на протяжении всего процесса футеровки на основании данных, полученных со всех датчиков технического зрения, в том числе от датчиков, установленных на манипуляторе для подачи огнеупорных кирпичей с целью определения фактических размеров огнеупорных кирпичей и контроля нормы допуска, от датчиков, установленных как на платформе для основного манипулятора, так и от датчиков, установленных на основном манипуляторе, осуществляющем футеровку, для сканирования футеруемой поверхности и контроля футеровки при позиционировании/укладке каждого отдельно взятого огнеупорного материала. Техническим результатом заявленного изобретения является возможность автоматизированной огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности преимущественно вертикального типа, в том числе сталеразливочных ковшей, кислородных конвертеров вертикального типа, электродуговых сталеплавильных и доменных печей, агрегатов ковш-печи и иного вертикально ориентированного оборудования и агрегатов, используемых непосредственно для производственных и технологических процессов, без непосредственного участия человека в рабочей зоне во время непосредственного производства футеровочных работ, автоматизация и механизация процесса футеровки, сокращение времени футеровки, обеспечение ее высокого качества, позволяющего существенно сократить время простоя оборудования на проведение футеровочных работ, в том числе на установку новой огнеупорной футеровки.

Технический результат изобретения достигается тем, что для автоматизированной огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности преимущественно вертикального типа, в том числе сталеразливочных ковшей, кислородных конвертеров вертикального типа, электродуговых сталеплавильных и доменных печей, агрегатов ковш-печи и иного вертикально ориентированного оборудования и агрегатов, используемых непосредственно для производственных и технологических процессов, применяется способ, включающий следующее.

1. Подготовительные этапы, включающие
 - построение 3D модели футеровки оборудования и загрузку 3D модели в блок управления,
 - монтаж элементов комплекса, состоящего из
 - по крайней мере одного манипулятора для подачи огнеупорных кирпичей, снабженного по крайней мере одним датчиком технического зрения для сканирования и определения фактических размеров огнеупорных кирпичей, а также для контроля нормы допуска ($\pm 5-10$ мм),
 - конвейера с транспортной лентой для перемещения огнеупорных кирпичей в зону футеруемого оборудования,
 - самоходной платформы для манипулятора, выполненной с возможностью вертикального перемещения, при этом на платформе имеется датчик технического зрения для контроля высоты расположения

платформы, а также расстояния от манипулятора до футеруемой поверхности, датчик размещен на платформе манипулятора, в том числе может быть размещен на самом манипуляторе для футеровки, также на платформе имеется установка для засыпки сухого самоспекающегося огнеупорного материала,

дополнительно для определенного вида оборудования, например для сталеразливочных ковшей, конвертеров вертикального типа, агрегатов ковш-печь и электродуговых печей, подвергаемых футеровке, платформа может быть выполнена подвесного типа с возможностью горизонтального перемещения по крайней мере одного манипулятора, который установлен на платформе и который непосредственно ведет футеровку оборудования огнеупорными материалами и обладает не менее чем четырьмя степенями свободы, снабженный не менее чем одним датчиком технического зрения и не менее чем одной насадкой для засыпки сухого самоспекающегося огнеупорного материала,

по крайней мере одной установки для резки огнеупорного кирпича, которая установлена по ходу движения огнеупорного кирпича в зону футеруемого оборудования и расположена до установки для нанесения раствора на огнеупорный кирпич, и которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения для контроля резки огнеупорного кирпича под требуемый размер, дополнительно установка для резки может быть также снабжена механическими зажимами для фиксации огнеупорного кирпича и механизмом для резки, снабженным алмазным диском,

по крайней мере одной установки для нанесения раствора, которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения для контроля количества и зон нанесения огнеупорного раствора на огнеупорный кирпич, при этом установка для нанесения раствора может быть расположена как на платформе в непосредственной близости с манипулятором, осуществляющим футеровку, так и на любом участке транспортной ленты конвейера, но после установки для резки огнеупорного кирпича,

по крайней мере одной установки для подачи и засыпки сухого самоспекающегося огнеупорного материала (например, набивная масса и/или огнеупорный порошок, сухие смеси), установленной на манипуляторе для футеровки;

установку платформы по крайней мере с одним манипулятором для футеровки огнеупорными материалами внутри оборудования в начале первого участка, с которого будет выполняться футеровка,

сканирование с помощью датчиков технического зрения, установленных на манипуляторе, осуществляющем футеровку, и платформе всей внутренней поверхности оборудования или участка, подлежащего футеровке, для определения фактического состояния внутренней поверхности и участка, подлежащих футеровке,

разделение отсканированной зоны футеровки оборудования на отдельные участки для футеровки в зависимости от вида оборудования и с учетом соответствующих зон футеровки данного вида оборудования (например, шлаковый пояс и/или бойное место в сталеразливочном ковше, наличие или отсутствие арматурного слоя футеровки при футеровке рабочего слоя, прочие параметры), где могут быть использованы различные марки огнеупорных материалов и типоразмеры огнеупорных кирпичей,

автоматическое обновление 3D модели футеровки с учетом фактического состояния внутренней поверхности оборудования и/или футеруемой зоны на основании данных, полученных от всех датчиков технического зрения, в результате сканирования.

2. Выполнение футеровки огнеупорных материалов оборудования, которое осуществляется с помощью блока управления, содержащего программное обеспечение с обновляемой 3D моделью, программными кодами, алгоритмами и нейронными сетями, который одновременно управляет и роботизированным комплексом, и процессом футеровки, используя данные, полученные со всех датчиков технического зрения с перемещением платформы вертикально для совершения каждого последующего цикла футеровки.

Технический результат также достигается конструкцией роботизированного комплекса для осуществления способа автоматизированной огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности, содержащего

блок управления, включающий компьютер для занесения, автоматической обработки, построения, корректировки, обновления 3D модели футеровки с учетом данных фактического состояния внутренней поверхности оборудования или футеруемого участка, полученных в результате сканирования от датчиков технического зрения, выполнение расчета количества огнеупорных материалов, марки, вида, типоразмера огнеупорных кирпичей и последовательности (очередность) их использования в процессе футеровки, соединенный со всеми остальными элементами роботизированного комплекса, управляющий элементами роботизированного комплекса и роботизированным комплексом, а также процессом футеровки с помощью программы для ЭВМ с автоматически обновляемой 3D моделью футеровки, программными кодами, алгоритмами и нейронными сетями,

а также установленный на платформе не менее чем один манипулятор для футеровки огнеупорных материалов не менее чем с четырьмя степенями свободы каждый, снабженный дополнительно не менее чем одним датчиком технического зрения со стороны захвата, также на платформе могут быть размещены установка для нанесения раствора, а также установка для засыпки сухого самоспекающегося огнеупорного материала, соединяемый через конвейер с установленной вне зоны футеровки оборудования по крайней мере одной установкой для нанесения раствора и установкой для резки огнеупорного кирпича,

каждая из которых снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения, и по крайней мере одним манипулятором для подачи огнеупорных кирпичей, который снабжен по крайней мере одним датчиком технического зрения, предназначенным для сканирования и определения фактического размера огнеупорного кирпича, и контроля нормы допуска отклонения, устанавливается на манипуляторе для подачи огнеупорного кирпича.

При этом в процессе футеровки платформа с основным манипулятором для футеровки огнеупорных материалов установлена с возможностью вертикального перемещения, а для определенных конструкций оборудования, подлежащего футеровке, платформа выполняется подвесной с возможностью еще и горизонтального перемещения.

Блок управления может быть соединен с остальными элементами электрически.

Присутствующие в тесте данной заявки термины имеют следующие значения.

Агрегат ковш-печь (установка ковш-печь или агрегат комплексной обработки стали) - установка в виде ковша с крышкой для раскисления и рафинирования стали продувкой снизу аргоном или азотом и подогрева электродами, вводимыми через отверстия в крышке.

Блок управления - устройство, осуществляющее управление роботизированным комплексом и процессом кладки/футеровки оборудования. Содержит контроллеры, микропрограммные автоматы, электрические схемы. Обязательным элементом блока управления является промышленный компьютер, содержащий программное обеспечение, программные коды, алгоритмы и нейронную сеть;

Датчик технического зрения - устройство, формирующее двумерную или трехмерную картину окружающего пространства. В качестве таких устройств наиболее известными являются, например, лидары (лазерные радары), сонары (ультразвуковые радары), видеокамеры.

Доменная печь (домна) - металлургическая вертикально расположенная печь шахтного типа для выплавки чугуна и ферросплавов из железорудного сырья. Доменная печь представляет собой непрерывно действующий аппарат. Огнеупорная футеровка (кладка) доменной печи предназначена для уменьшения тепловых потерь и предохранения кожуха (корпуса оборудования) от воздействия высоких температур и от контакта с жидким металлом и шлаком. Для футеровки доменной печи применяют огнеупорные материалы различных марок и качественных характеристик, прочности и плотности.

Конвертер вертикального типа (кислородный конвертер) - металлургический агрегат вертикального типа для получения стали из предварительно расплавленного чугуна и шихты продувкой воздухом или технически чистым кислородом. Конвертер представляет собой емкость, состоящую из трех частей: верхней - шлема, средней - цилиндра и нижней - днища. Днище может быть приставным, вставным или цельным с цилиндрической частью. В этом случае конвертер называют глуходонным. Малые вертикальные конвертеры (30 т) используют, конвертируя штейн до получения черновой меди и для рафинирования ферроникеля путем окислительной продувки. Вместимость существующих конвертеров составляет от 30-800 т и может быть выше. Футеровка конвертера является основной, двух- или трехслойной - арматурного, примыкающего к корпусу, и 1-2 слоя рабочего. Арматурный слой непосредственно примыкает к кожуху (корпусу). Рабочий слой, как правило, толщиной 500-800 мм, контактирует с металлом и шлаком. На небольших конвертерах кладку делают из кирпичей в один ряд, на большегрузных - в два ряда вперевязку. Между рабочим и арматурным слоями обычно выполняется набивка из массы, по химсоставу соответствующей рабочему слою.

Манипулятор для футеровки огнеупорных материалов (основной манипулятор) - механизм для управления пространственным положением огнеупорных кирпичей и огнеупорными материалами с несколькими степенями свободы, предназначен для выполнения кладки огнеупорных кирпичей и нанесения/засыпки огнеупорных смесей, расположен на платформе внутри оборудования.

Манипулятор для подачи огнеупорных кирпичей - механизм, который служит для перемещения огнеупорных кирпичей заданных типоразмеров и марок с поддонов на конвейер.

Набивная масса (материал) - элемент футеровки внутренней поверхности оборудования различных марок.

Огнеупорный кирпич - элемент футеровки внутренней поверхности оборудования, предназначенный для защиты внутренней поверхности корпуса (кожуха), сделанного, как правило, из металла, от износа в процессе технологической и производственной эксплуатации оборудования.

Платформа - самоходная площадка (колесного, гусеничного, рельсового и подвесного типа), предназначенная для установки на ней необходимого оборудования и по крайней мере одного манипулятора для футеровки огнеупорных материалов с возможностью горизонтального и вертикального перемещения.

Раствор для кладки - раствор специальных огнеупорных марок, предназначенный для использования с огнеупорными кирпичами в процессе кладки/футеровки. Наносится на продольную поверхность огнеупорного кирпича различной толщиной. Также используется для выравнивания неровностей корпуса оборудования, для корректировки кирпичей в процессе кладки/футеровки.

Сталеразливочный ковш (стальковш/литейный/заливочный ковш) - стальной или чугунный сосуд для приема жидкой стали, расплавленного металла, штейна или шлака, чугуна из металлургического агрегата, кратковременного хранения, рафинирования, транспортировки и разлива, например, в изложницы или в кристаллизатор МНЛЗ; имеет форму усеченного конуса с большим основанием сверху и футе-

руется изнутри огнеупорными материалами. Сталь из ковша могут разливать через один или два стакана в дне ковша. Отверстие стакана закрывают и открывают стопором или шиберным затвором, передвигаемым гидравлическим приводом или вручную. Например, заливочный ковш используют для заливки жидкого металла в металлургический агрегат, например для заливки чугуна в конвертер, который по форме подобен сталеразливочному ковшу, но имеет сплошное дно и снабжен сливным носком.

Сухая смесь - самоспекающаяся сухая смесь специальных огнеупорных марок, используется в качестве набивки dna оборудования, и/или заполнения швов кладки, и/или заполнения зазоров между арматурным и/или рабочим слоями.

Конвейер - конвейер непрерывного типа, служит для транспортировки огнеупорного кирпича от манипулятора для подачи огнеупорных кирпичей к манипулятору для кладки огнеупорных материалов. Содержит конвейерную ленту (транспортную).

Цикл футеровки - процесс кладки огнеупорных кирпичей и огнеупорных материалов на определенном участке оборудования с помощью роботизированного комплекса.

Футеровка - облицовка огнеупорными, химически стойкими, а также теплоизоляционными материалами (огнеупорные кирпичи, мертели, смеси, растворы, набивные массы и прочие), которыми футеруется внутренняя поверхность металлургических агрегатов и оборудования. К футеровке относятся любые огнеупорные материалы, которые обеспечивают защиту внутренних поверхностей от возможных механических, термических, физических и химических повреждений.

Электродуговая сталеплавильная печь (дуговая сталеплавильная печь) - электрическая плавильная печь, в которой используется тепловой эффект электрической дуги для плавки металлов и других материалов. В обозначении дуговой сталеплавильной печи, как правило, присутствует ее емкость в тоннах (например, ДСП-12). Диапазон печей варьируется от 1 до 1000 т. Одна из главных особенностей дуговой печи - возможность достижения в рабочем пространстве высокой температуры (до 2500°C). Дуговая сталеплавильная печь (ДСП) состоит из плавильной ванны (рабочего пространства), регулятора мощности дуги и вспомогательных технологических механизмов, позволяющих открыть (закрыть) свод печи, собрать шлак и выпустить расплавленный металл. Плавка стали производится в рабочем пространстве печи, которое ограничено сверху куполообразным сводом, снизу и с боков соответственно сферическим подом и стенками, кожух которых изнутри выложен огнеупорным материалом. Футеровка дуговых сталеплавильных печей состоит из трех основных частей: подины, кладки стен и свода.

Электрическое соединение - соединение участков и элементов роботизированного комплекса в общую электрическую цепь.

Арматурный слой футеровки - элемент конструкции футеровки, обеспечивающий тепловую изоляцию для создания стабильных условий разливки, а также гарантирует безопасность для корпуса (кожуха) оборудования, сделанного из металла, в случае разрушения рабочего слоя. Кладку стен арматурного слоя выполняют, как правило, с использованием огнеупорных растворов, по химсоставу соответствующих марке используемого огнеупорного кирпича. Как правило, толщина арматурного слоя увеличивается с повышением вместимости оборудования.

Рабочий слой футеровки - элемент конструкции футеровки, который находится в непосредственном контакте с расплавом, изнашивается быстро, определяя общую стойкость для оборудования. При определении необходимой толщины рабочего слоя учитывается топография его износа по высоте и периметру оборудования. Огнеупорные кирпичи рабочего слоя изнашиваются неравномерно. Повышенный износ огнеупоров наблюдается в районе шлакового пояса и при попадании струи выпускаемого металла на стенки ковша. В нижней части кладка изнашивается в два раза быстрее, чем в верхней. Это связано с более продолжительным воздействием расплава на нижние участки футеровки и большим гидростатическим давлением, повышающим пропитку огнеупоров металлом. Поэтому для удлинения компании ковшей и снижения удельного расхода огнеупоров, кладку по высоте ковша изготавливают, увеличивая толщину пропорционально ее износу, а также усиливают ее "боевую" часть.

Заявляемое изобретение поясняется чертежами.

На фиг. 1 схематически представлен роботизированный комплекс для футеровки оборудования вертикального типа в базовом исполнении с возможностью вертикального перемещения платформы с датчиком технического зрения на платформе манипулятора, датчиками фактического состояния кирпичей на платформе манипулятора, установкой для нанесения раствора на платформе манипулятора.

На фиг. 2 схематически представлен роботизированный комплекс для футеровки оборудования вертикального типа в базовом исполнении с возможностью вертикального перемещения платформы с датчиком технического зрения на платформе манипулятора, датчиками фактического состояния кирпичей на платформе манипулятора, установкой для нанесения раствора на платформе манипулятора, помещенный полностью в рамках оборудования, подлежащего футеровке.

На фиг. 3 схематически представлен роботизированный комплекс с датчиками фактического состояния кирпичей и установкой для нанесения раствора на транспортной ленте.

На фиг. 4 схематически представлен роботизированный комплекс с датчиками фактического состояния кирпичей и установкой для нанесения раствора на транспортной ленте, помещенный в рамках оборудования, подлежащего футеровке.

На фиг. 5 представлен роботизированный комплекс для футеровки оборудования вертикального типа в подвесном исполнении с возможностью дополнительного горизонтального перемещения, размещенный на футеровочной яме.

На фиг. 6 представлен роботизированный комплекс для футеровки оборудования вертикального типа в подвесном исполнении с возможностью дополнительного горизонтального перемещения, размещенный на приставке.

На представленных фигурах имеются следующие позиции:

- 1 - манипулятор для подачи огнеупорных кирпичей;
- 2 - конвейер для перемещения огнеупорных кирпичей в зону футеровки;
- 3 - установка для резки огнеупорного кирпича;
- 4 - установка для нанесения раствора для кладки огнеупорного кирпича;
- 5 - платформа для манипулятора для футеровки;
- 6 - манипулятор для футеровки;
- 7 - датчик технического зрения на манипуляторе для футеровки;
- 8 - установка для нанесения раствора на огнеупорный кирпич;
- 9 - установка для засыпки и заполнения сухих материалов;
- 10 - блок управления;
- 11 - датчик технического зрения на установке для резки кирпича;
- 12 - датчик технического зрения на установке для нанесения раствора;
- 13 - датчик технического зрения на платформе для манипулятора для футеровки;
- 14 - датчик технического зрения для контроля фактического состояния футеруемых кирпичей, установленный на манипуляторе для подачи кирпичей;
- 14.1 - датчик технического зрения для контроля фактического состояния футеруемых кирпичей, установленный на транспортной ленте;
- 15 - механические зажимы для фиксации кирпичей на установке для резки;
- 16 - насадка для засыпки и заполнения сухих материалов;
- 17 - поддон с футеровочными кирпичами.

Подробное описание изобретения

Роботизированный комплекс состоит из

по крайней мере одного манипулятора 1 для подачи огнеупорных кирпичей, который снабжен по крайней мере одним датчиком 14 технического зрения, такой датчик технического зрения может быть установлен как на самом манипуляторе, так и на транспортной ленте отдельно 14.1,

по крайней мере одного конвейера 2 с транспортной лентой,

по крайней мере одной установки 3 для резки огнеупорного кирпича, расположенной на конвейере 2 по ходу движения огнеупорного кирпича к манипулятору 6, осуществляющему футеровку оборудования, и снабженной по крайней мере одним датчиком 11 технического зрения,

по крайней мере одной установки 4 для нанесения раствора для кладки, расположенной на конвейере 2 по ходу движения огнеупорного кирпича к оборудованию, и снабженной по крайней мере одним датчиком 12 технического зрения,

по крайней мере одной платформы 5 для манипулятора для футеровки, снабженной по крайней мере одним датчиком 13 технического зрения и установкой 9 для засыпки и заполнения сухих материалов,

установленного на платформе 5 по крайней мере одного манипулятора 6 для футеровки, снабженного по крайней мере одним датчиком 7 технического зрения,

по крайней мере одной насадки 16 для засыпки и заполнения сухих материалов и блока 10 управления.

При этом по крайней мере один манипулятор 1 для подачи огнеупорных кирпичей, снабженный по крайней мере одним датчиком 14 технического зрения, устанавливается рядом с местом или в зоне складирования огнеупорных кирпичей и материалов, в определенном исполнении (фиг. 2 и 4) манипулятор для подачи огнеупорных кирпичей может быть расположен в рамках оборудования, подлежащего футеровке.

С помощью по крайней мере одного манипулятора 1 для подачи огнеупорных кирпичей осуществляется перемещение огнеупорных кирпичей заданных марок и типоразмеров в определенной последовательности на конвейер 2, с помощью по крайней мере одного датчика 14 технического зрения, установленного на манипуляторе 1 для подачи огнеупорных кирпичей, либо датчика 14.1 технического зрения, расположенного на транспортной ленте, сканируется каждый огнеупорный кирпич для определения фактического размера огнеупорного кирпича и контроля нормы допуска отклонения в размере, при этом если фактический размер огнеупорного кирпича не соответствует норме допуска, то данный огнеупорный кирпич перемещается манипулятором для подачи огнеупорного кирпича в зону брака, которая может располагаться в непосредственной близости от зоны расположения/установки манипулятора 1 для подачи огнеупорных кирпичей.

По крайней мере один конвейер 2 с транспортной лентой одним своим концом размещен рядом с манипулятором 1 для подачи огнеупорных кирпичей, а другим заведен в зону футеровки и расположен

непосредственно рядом с платформой 5 таким образом, чтобы по крайней мере один манипулятор 6 для футеровки огнеупорных материалов, установленный на платформе 5, имел возможность снятия с него огнеупорных кирпичей.

Установка 3 для резки огнеупорного кирпича размещена непосредственно рядом либо на транспортной ленте 2 таким образом, чтобы обеспечивать резку огнеупорного кирпича по его длине под требуемые размеры, определяемые блоком 10 управления в результате сканирования футеруемой зоны на основании данных от датчиков 11 технического зрения. Контроль резки огнеупорного кирпича под требуемый размер и фактический размер требуемой части огнеупорного кирпича после резки осуществляется с помощью по крайней мере одного датчика 11 технического зрения, установленного в непосредственной близости от установки 3 или на самой установке 3. Резка огнеупорного кирпича осуществляется установкой 3 по длине огнеупорного кирпича. В процессе резки огнеупорный кирпич может быть зафиксирован с помощью по крайней мере 2 (двух) механических зажимов 15. Резка может осуществляться установкой 3, как сверху, так и снизу огнеупорного кирпича, механизмом для резки. Механизм для резки может быть снабжен алмазным диском. Скорректированный размер огнеупорного кирпича после сканирования фактического размера датчиками технического зрения продолжает движение конвейером 2 к манипулятору 6 для футеровки огнеупорных материалов для его последующего позиционирования в ряд/кольцо.

Установка 4 для нанесения раствора для кладки может быть размещена и снаружи (фиг. 3) футеруемого оборудования непосредственно либо на транспортной ленте конвейера 2 таким образом, чтобы обеспечивать нанесение раствора на перемещаемые транспортной лентой огнеупорные кирпичи, если существуют ограничения внутреннего диаметра оборудования (футеруемой поверхности), либо на платформе 5 в непосредственной близости с манипулятором 6 для футеровки огнеупорных материалов (фиг. 3, 4) таким образом, чтобы обеспечить нанесение раствора на огнеупорный кирпич непосредственно в зоне футеровки для сокращения времени данной операции.

Если установка 4 располагается снаружи, то она устанавливается после установки 3 для резки огнеупорного кирпича, чтобы в случае необходимости после корректировки размера огнеупорного под требуемый размер, определенный блоком 10 управления, выполнить нанесение огнеупорного раствора на данный огнеупорный кирпич, при этом контроль за нанесением огнеупорного раствора, включая его толщину, количество и зоны нанесения на огнеупорный кирпич, осуществляется с помощью по крайней мере одного датчика 11 технического зрения, установленного в непосредственной близости от установки 4 или на самой установке 4.

Если установка 4 располагается на платформе 5, то контроль за нанесением огнеупорного раствора, включая его толщину, количество и зоны нанесения на огнеупорный кирпич, может осуществляться с помощью по крайней мере одного датчика 13 технического зрения, расположенного на платформе 5 или на манипуляторе 6 для футеровки огнеупорных материалов.

Манипулятор 6 для футеровки огнеупорных материалов установлен на платформе 5 и снабжен по крайней мере одним датчиком 7 технического зрения, по крайней мере одной насадкой 16 для засыпки и заполнения сухих самоспекающихся материалов.

Самоходная платформа 5, снабженная по крайней мере одним датчиком 13 технического зрения, имеет поворотную базу для манипулятора 6 и может иметь следующие варианты исполнения в зависимости от вида оборудования, подлежащего футеровке.

При футеровке кислородного конвертера вертикального типа, доменной печи платформа 5 выполняется с использованием подъемного механизма с неповоротной базой, который перемещает платформу 5 с заданной скоростью снизу вверх по ходу выполнения футеровки манипулятором 6 для футеровки огнеупорных материалов, подъемный механизм при этом может быть реализован, например, в виде подъемного гидравлического механизма, состоящего из двух параллельных ножничных подъемников, которые поднимают платформу. При этом сама платформа поднимается вертикально, находясь строго в горизонтальном положении. Это достигается креплением верхней части рычагов в точках у внешней части опорного стола, на котором размещена платформа. Перемещение платформы снизу вверх приводит в действие стационарный гидравлический ножничный подъемный стол одним или двумя гидроцилиндрами, которые воздействуют на поперечную балку, соединяющую оси вращения штанг. Описанный механизм является одним из возможных. Для реализации изобретения может быть применен любой доступный механизм вертикального подъема оборудования.

При футеровке сталеразливочного ковша, агрегата ковш-печь и электродуговой сталеплавильной печи платформа 5 может выполняться подвешенного типа с наличием балки и колонн для крепления балки, а также линейной оси горизонтального и/или вертикального типа для перемещения с помощью трека, установленного по длине линейной оси, по крайней мере одного манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов (фиг. 5, 6).

При этом конвейер подведен к верхней кромке оборудования, подлежащего футеровке. На фиг. 5 представлен вариант выполнения конструкции с расположением оборудования на футеровочной яме. На фиг. 6 представлен вариант выполнения конструкции с расположением конвейера на приставке к оборудованию, подлежащему футеровке.

При этом вне зависимости от варианта исполнения платформы 5 футеровка любого вида оборудования выполняется манипулятором 6 для футеровки огнеупорных материалов снизу вверх.

Манипулятор 6 для футеровки огнеупорных материалов устанавливается на платформе 5 и снабжен по крайней мере одним датчиком 7 технического зрения, по крайней мере одной установкой 8 для нанесения раствора на огнеупорный кирпич и по крайней мере одной насадкой 16 для засыпки и заполнения сухих самоспекающихся материалов (насадка пескоструйного типа). Установка для засыпки и заполнения сухих самоспекающихся материалов расположена на платформе 5 манипулятора 6 для футеровки.

Блок 10 управления может располагаться отдельно вне зоны футеруемого оборудования, но в любом случае электрически соединен со всеми элементами роботизированного комплекса, чтобы обеспечивать их взаимодействие между собой. Блок 10 управления включает по крайней мере один промышленный компьютер (ЭВМ), содержащий программное обеспечение с обновляемой 3D моделью, программными кодами, алгоритмами и нейронными сетями, осуществляющий управление роботизированным комплексом и процессом футеровки. На блок 10 управления установлено программное обеспечение, позволяющее обрабатывать данные, полученные от датчиков технического зрения в результате сканирования, формировать реальную и фактическую 3D модель футеруемой поверхности с учетом каждого отдельно уложенного огнеупорного кирпича и огнеупорного материала, а также управлять процессом футеровки с учетом данных, поступающих с датчиков технического зрения в процессе футеровки.

Реализация конструкции манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов может быть различной. Основным требованием к ней является наличие не менее четырех степеней свободы для обеспечения досягаемости к любому участку футеруемой поверхности огнеупорными материалами.

Данное требование может быть выполнено путем установки манипулятора, имеющего, например, три шарнирных узловых соединения, два сустава и механизм захвата (схематично представлен на чертеже), однако возможны любые другие конструкции, обеспечивающие вышеуказанное требование о наличии не менее четырех степеней свободы.

В качестве датчиков технического зрения (7, 11, 12, 13, 14) могут быть использованы лидары (лазерный радар) и камеры технического зрения, которые позволяют получать данные для обработки, построения и обновления 3D модели внутренней поверхности оборудования и/или футеруемого участка оборудования.

Блок 10 управления включает промышленный компьютер (ЭВМ) для размещения программного обеспечения. Блок 10 управления получает данные от всех датчиков технического зрения (7, 11, 12, 13, 14), и управляет всеми элементами роботизированного комплекса, включая обработку данных, полученных от датчиков технического зрения в результате сканирования, построение и обновление 3D модели внутренней поверхности корпуса оборудования, определяет с помощью программных кодов и алгоритмов последовательность кладки каждого отдельно взятого огнеупорного кирпича и их типоразмер, необходимость и количество нанесения раствора, необходимость и количество заполнения зазоров между рядами или кольцами с помощью сухой смеси, управляет процессом футеровки.

Подробное описание изобретения в части заявляемого способа

Способ автоматизированной огнеупорной футеровки оборудования металлургической промышленности огнеупорными материалами вертикального типа, преимущественно сталеразливочных ковшей, кислородных конвертеров вертикального типа, электродуговых сталеплавильных и доменных печей, агрегатов ковш-печь и иного вертикально ориентированного оборудования и агрегатов, используемых непосредственно для производственных и технологических процессов, при помощи заявляемого роботизированного комплекса осуществляется следующим образом.

Подготовительный этап перед началом футеровки.

1. На основании актуальных версий чертежей/схем футеровки производят создание проекта 3D модели футеровки данного вида оборудования, включающей, например, общие данные об оборудовании (внутренний диаметр, габариты и размеры оборудования), данные об общей зоне, подлежащей футеровке, с возможным разделением зоны на участки, указание количества слоев футеровки (например, двух- или трехслойная футеровка: наличие арматурного слоя и один-два слоя рабочего слоя футеровки), при этом футеровке также может подлежать лишь один слой, информацию о раскладке огнеупорных кирпичей и материалов на каждом из участков оборудования, количестве огнеупорных кирпичей и их типоразмерах, способе кладки, включая использование огнеупорного раствора и/или набивных масс, сухих смесей, марок огнеупорных кирпичей и материалов с привязкой к зонам оборудования и прочие данные.

Типоразмеры огнеупорных кирпичей, которые используются при футеровке, в большей степени зависят от проекта футеровки, который был сделан производителем оборудования и/или определяется предприятием, эксплуатирующим оборудование самостоятельно. Марка огнеупорного кирпича и/или материала, которая будет использована при футеровке на каждом участке или зоне оборудования (например, шлаковый пояс и бойное место в сталеразливочном ковше, наличие или отсутствие арматурного слоя футеровки, наличие 2 слоев рабочей футеровки и 1 слоя рабочей футеровки) определяется предприятием, эксплуатирующим оборудование, самостоятельно. Данную 3D модель загружают в блок 10 управления.

2. Производят монтаж элементов роботизированного комплекса, описанных выше в соответствии с

представленной схемой и в зависимости от вида оборудования, подлежащего футеровке.

Формирование уточненной 3D модели футеровки.

С помощью датчиков 13 и 7 технического зрения, которые расположены на платформе 5 и манипуляторе 6 для футеровки огнеупорных материалов, выполняют сканирование внутренней поверхности оборудования или участка футеровки по всей длине участка, планируемого к футеровке. Полученные данные автоматически обрабатываются блоком 10 управления, который с помощью программного обеспечения строит первую версию 3D модели футеровки с учетом фактического состояния внутренней поверхности футеруемого участка, уточненная 3D модель строится с учетом уже занесенных данных на подготовительном этапе о типоразмерах, марках, способе кладки и последовательности укладки кирпичей, а также о необходимости использования раствора для кладки и сухого самоспекающегося материала, его количества и зон, где раствор для кладки или иной материал будет использоваться.

Сканирование внутренней поверхности футеруемого участка выполняется для оценки фактического состояния внутренней поверхности, так как за время эксплуатации корпус оборудования деформируется под воздействием различных технологических факторов, так и арматурный слой футеровки изнашивается, если футеровку планируют выполнять только рабочего слоя или его части.

Например, при деформации корпуса оборудования отношение огнеупорных кирпичей в каждом кольце/ряде может отличаться от проектной, в большую или меньшую степень по количеству одного типоразмера по отношению ко второму типоразмеру.

Кроме того, при деформации корпуса оборудования в местах, где используется раствор для кладки, например в зонах расположения сварных швов или для корректировки положения огнеупорного кирпича, чтобы сохранить радиальное положение кольца/ряда, каждый огнеупорный кирпич дает незначительное отклонение в кольце/ряде, поэтому, когда остается положить последние 3-4 кирпича, чтобы "закрыть/замкнуть" кольцо/ряд, как правило, типоразмеры не подходят по толщине, чтобы заполнить оставшуюся зону в кольце/ряде. Для этих целей могут использоваться замковые (клиновидные) огнеупорные кирпичи, которые отличаются от стандартных типоразмеров в большей и меньшей степени. В определенных случаях стандартные типоразмеры могут быть скорректированы по необходимому размеру путем корректировки огнеупорного кирпича с помощью установки 2 для резки огнеупорного кирпича, содержащей алмазный диск.

Таким образом, 3D модель футеровки с учетом фактических данных о состоянии футеруемой зоны будет содержать данные об общем количестве огнеупорных кирпичей и типоразмерах, требуемых для футеровки как одного кольца/ряда, так и всей зоны, предполагаемой для футеровки, а также данные о последовательности футеровки каждого отдельно взятого огнеупорного кирпича с учетом необходимого количества раствора для кладки и иных материалов.

Блок 10 управления, обеспечивающий управление как всего роботизированного комплекса, так и каждого его отдельного элемента, контролирует работу манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов в процессе футеровки.

3. Установка платформы 5 и манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов.

Установка платформы 5 для манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов зависит от вида оборудования, но всегда выполняется вертикально осевой плоскости агрегата. Точкой 0 будет являться положение датчика 13 технического зрения, расположенного на платформе 5 для футеровки огнеупорных материалов. В случае необходимости положение манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов и точки 0 корректируется и заносятся в блок 10 управления.

Установка платформы 5 для манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов может выполняться подвешенного типа сверху оборудования, например при футеровке сталеразливочных ковшей и/или агрегата ковш-печь.

4. Цикл футеровки.

4.1. Установка первого огнеупорного кирпича по своей сути является калибровочной операцией для настройки работы манипулятора 6 для футеровки огнеупорных материалов, в том числе для обновления 3D модели футеровки. Первый огнеупорный кирпич позиционируется таким образом, чтобы вплотную примыкать к корпусу оборудования, уложенному ряду, или к арматурному слою футеровки, или огнеупорному кирпичу, то есть к опорной зоне. Если кладка новой футеровки выполняется только для замены рабочего слоя футеровки, тогда первый огнеупорный кирпич примыкает к старой футеровке или арматурному слою. В любом случае первый кирпич позиционируется таким образом, чтобы примыкать к опорной зоне, от которой будет произведена новая футеровка. Футеровка в каждом ряду выполняется строго от первого огнеупорного кирпича. Футеровка рабочего слоя ведется по ступенчатой схеме снизу-вверх. При этом каждое кольцо или ряд может расклиниваться замковым кирпичом, который устанавливается на клин, толщиной с внутренней стороны корпуса или примыкающей поверхности не менее 50 мм. Кладка огнеупорных кирпичей выполняется с соблюдением перевязки всех вертикальных швов по всей длине футеруемого участка.

4.2. Контроль футеровки каждого огнеупорного материала, позиционирование огнеупорного кирпича и последующего кирпича, устанавливаемого в кольцо или ряде, происходит с помощью датчика 7 технического зрения, полученная с них информация обрабатывается блоком 10 управления, который по-

дает соответствующие команды манипулятору 1 для подачи огнеупорных кирпичей о подаче огнеупорных кирпичей определенного типоразмера в определенной последовательности на конвейер 2, датчикам технического зрения, установленным на манипуляторе 1 для подачи огнеупорного кирпича о сканировании фактических размеров каждого огнеупорного кирпича, уложенного на транспортную ленту (огнеупорный кирпич может иметь отклонения от заявленных производителем размеров, норма допуска отклонения составляет $\pm 5-10$ мм), конвейеру 2 о перемещении установленных на него огнеупорных кирпичей в зону футеровки к платформе 5 с определенной скоростью, установке 3 для резки огнеупорного кирпича, если такая операция требуется, и установке 4 для нанесения раствора - при необходимости нанесения раствора для кладки на определенные места огнеупорного кирпича и в необходимом количестве, после чего каждый огнеупорный кирпич устанавливается манипулятором 6 для футеровки огнеупорных материалов. Установка каждого огнеупорного кирпича осуществляется последовательно (каждый последующий огнеупорный кирпич укладывается и примыкает к ранее установленному) в кольцо в ряду и ряд за рядом снизу вверх. В процессе кладки платформа 5 самостоятельно с заданной скоростью перемещается в заданном направлении по осевой линии и с заданной скоростью в зависимости от вида оборудования.

Кроме того, в процессе футеровки позиционирование каждого отдельно взятого огнеупорного кирпича и последующего за ним будет определяться блоком 10 управления с помощью полученных данных от датчиков 7 технического зрения. Каждый раз после укладки отдельно взятого огнеупорного кирпича датчики 7 технического зрения сканируют место установки последующего огнеупорного кирпича (поверхность корпуса или футеруемого участка) и передают данные в блок 10 управления, где полученные данные, автоматически обрабатываются и сравниваются с построенной 3D моделью, которая в случае необходимости будет автоматически обновлена.

Например, на основании первичной версии 3D модели на диаметре 5 м получили раскладку в каждом кольце/ряде на всей длине зоны футеровки 3:1, то есть сперва укладываются 3 кирпича клиновидного типоразмера, затем 1 кирпич прямого типоразмера, затем снова 3 кирпича клиновидного типоразмера, затем 1 кирпич прямого типоразмера и так, пока кольцо/ряд не будет набран. Однако в процессе кладки/футеровки на основании данных, полученных с датчиков 7 технического зрения, была обнаружена зона деформации (например, углубление в корпусе оборудования или углубление в арматурном слое футеровки), поэтому блок 10 управления, учитывая данную неровность, выполнит автоматическую корректировку 3D модели и передаст команду манипулятору 1 для подачи огнеупорных кирпичей о подаче требуемого типоразмера. В итоге, например, на участке, где была определена деформация, будет положено 4 штуки огнеупорного кирпича клиновидного типоразмера вместо 3 штук, как было предусмотрено в первичной версии 3D модели, следующий огнеупорный кирпич будет использован прямого типоразмера.

После укладки отдельно взятого огнеупорного кирпича датчики 7 технического зрения сканируют место установки последующего огнеупорного кирпича (поверхность корпуса или футеруемого участка) и передают данные в блок 10 управления, где полученные данные обрабатываются, и блок 10 управления определяет, какой именно типоразмер огнеупорного кирпича требуется для футеровки, далее блок 10 управления передает команду манипулятору 1 для подачи огнеупорных кирпичей о подаче требуемого типоразмера, манипулятор 1 для подачи огнеупорного кирпича берет огнеупорный кирпич с поддона и сканирует его с помощью по крайней мере одного датчика 14 технического зрения для определения фактического размера огнеупорного кирпича. Результаты сканирования обрабатываются блоком 10 управления. Если фактические размеры огнеупорного кирпича превышают норму допуска, блок 10 управления передает команду манипулятору 1 для подачи огнеупорных кирпичей о перемещении данного кирпича в зону брака. Кроме того, на основании данных о фактическом размере каждого огнеупорного кирпича, которые необходимы для корректировки положения огнеупорного кирпича манипулятором 6 для футеровки огнеупорных материалов, блок 10 управления передает команду манипулятору 6 для футеровки огнеупорных материалов.

4.4. Фиксация зоны замка (обычно 3-4 кирпича). Учитывая тот факт, что футеруемая поверхность имеет неровности, а также каждый огнеупорный кирпич может иметь отклонения в размерах при укладке последних 3-4 кирпичей, в ряде/кольце образуется зона замка, которая футеруется манипулятором 6 для футеровки огнеупорных материалов, требуемый огнеупорный кирпич корректируется под требуемые размеры с помощью установки 3 для резки огнеупорных кирпичей.

При необходимости манипулятор 6 для футеровки на основании команды от блока управления осуществляет засыпку самоспекающейся смеси с помощью насадки 16, подаваемой с установки 9 для засыпки и заполнения сухих материалов между рядами кирпичей, а также при фиксации зоны замка.

В дальнейшем весь порядок действий проводят на следующем участке футеровки.

Точность (прецизионность) футеровки обеспечивается за счет размещения датчиков 7 технического зрения непосредственно на манипуляторе 1 для подачи огнеупорных кирпичей, платформе 5 и манипуляторе 6 для футеровки огнеупорных материалов, что позволяет блоку 10 управления в режиме реального времени контролировать футеровку и при необходимости корректировать позиционирование (положение) огнеупорных кирпичей в кладке, включая толщину наносимого раствора для кладки в случае необходимости и/или количество при заполнении зазоров между арматурным и рабочим слоями с помощью

самоспекающейся смеси, наносимой манипулятором 6 для футеровки при помощи насадки 16.

Наличие и постоянное обновление 3D модели футеровки с укладкой каждого отдельно взятого огнеупорного материала с помощью программного обеспечения в блоке 10 управления позволяет производить корректировку раскладки, определять типоразмер огнеупорного кирпича и материала, требуемого для установки/использования в кладке в режиме реального времени, что сокращает по времени процесс футеровки и обеспечивает ее качество.

Описанные в тексте данной заявки варианты реализации последовательности действий в способе не являются единственно возможными и приведены с целью наиболее наглядного раскрытия сути изобретения.

Заявляемые способ огнеупорной футеровки и роботизированный комплекс для его осуществления позволяют производить футеровку оборудования металлургической промышленности огнеупорными материалами вертикального типа, преимущественно сталеразливочных ковшей, кислородных конвертеров вертикального типа, электродуговых сталеплавильных и доменных печей, агрегатов ковш-печи и иного вертикально ориентированного оборудования и агрегатов, используемых непосредственно для производственных и технологических процессов, с высокой скоростью, обеспечивают максимальную автоматизацию работ и позволяют сократить период простоя оборудования, требуемый на время установки новой футеровки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки, включающий
 - построение 3D модели футеровки оборудования и загрузку 3D модели в блок управления, 3D модель при этом включает количество, вид, типоразмер огнеупорных кирпичей, расположение и последовательность их использования в процессе футеровки,
 - монтаж элементов роботизированного комплекса,
 - установку платформы по крайней мере с одним манипулятором, осуществляющим футеровку огнеупорными кирпичами внутри оборудования, подлежащего футеровке, в начале первого участка, с которого будет выполняться футеровка,
 - сканирование с помощью датчика технического зрения, расположенного на манипуляторе, осуществляющем футеровку, со стороны захвата, фактического состояния внутренней поверхности зоны, подлежащей футеровке,
 - определение в отсканированной зоне отдельных участков футеровки, в зависимости от вида оборудования определение размеров и фактического состояния каждого участка,
 - обновление 3D модели футеровки с учетом результатов сканирования, включая обновление данных о размерах, типах огнеупорных кирпичей для каждого участка футеровки, расположении и последовательности использования огнеупорных кирпичей в процессе футеровки,
 - выполнение цикла футеровки с предварительным сканированием места укладки каждого огнеупорного кирпича и фактических размеров огнеупорного кирпича для обновления 3D модели футеровки с учетом данных сканирования от датчиков технического зрения и оценки необходимости резки огнеупорного кирпича для зоны замка и/или изменения количества и зон нанесения раствора для кладки,
 - перемещение платформы вертикально для выполнения следующего цикла футеровки.
2. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки по п.1, отличающийся тем, что при построении 3D модели учитывают, какой слой подлежит футеровке, арматурный, рабочий или частично каждый из слоев.
3. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки по п.1, отличающийся тем, что для контроля фактических размеров огнеупорных кирпичей используют датчик технического зрения.
4. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки по п.3, отличающийся тем, что контроль фактических размеров огнеупорных кирпичей осуществляют с помощью датчика технического зрения, который расположен на манипуляторе для подачи огнеупорных кирпичей.
5. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки по п.3, отличающийся тем, что контроль фактических размеров огнеупорных кирпичей осуществляют с помощью датчика технического зрения, который расположен на транспортной ленте.
6. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки по п.1, отличающийся тем, что в процессе выполнения цикла футеровки осуществляют резку огнеупорного кирпича устройством для резки, установленным на транспортной ленте после манипулятора для подачи кирпичей на транспортную ленту, до устройства для нанесения раствора, при этом устройство для резки снабжено датчиком технического зрения.
7. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки по п.1, отличающийся тем, что в процессе выполнения цикла футеровки наносят раствор для кладки на огнеупорный кирпич с помощью установки для нанесения раствора, установленной на платформе манипулятора, производящего футеровку.
8. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки по п.1, отличающийся тем, что построение 3D модели, автоматическое обновление и управление роботизированным комплексом осуществляют с

помощью установленной в блоке управления программы для ЭВМ, включающей алгоритмы и нейронные сети.

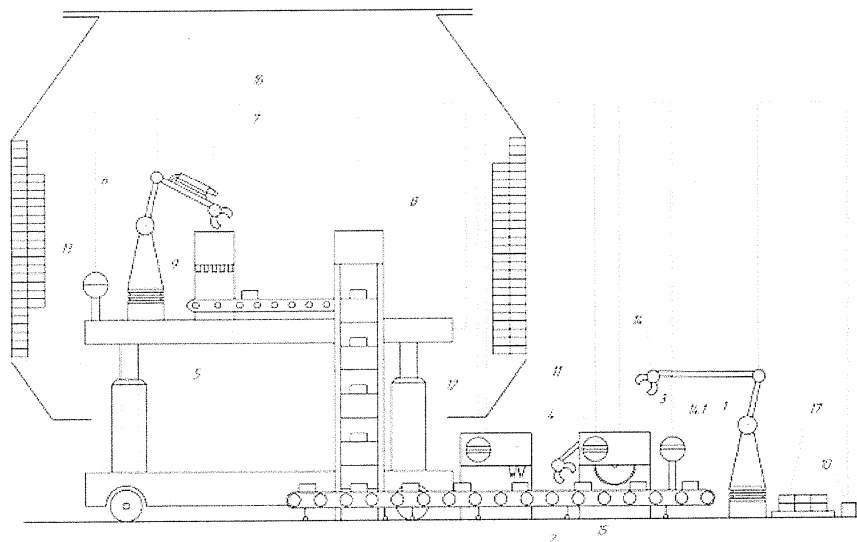
9. Способ автоматизированной огнеупорной футеровки, включающий
 - построение 3D модели футеровки оборудования и загрузку 3D модели в блок управления,
 - монтаж элементов роботизированного комплекса, состоящего из
 - по крайней мере одного манипулятора для подачи огнеупорных кирпичей, снабженного по крайней мере одним датчиком технического зрения для сканирования и определения фактических размеров огнеупорных кирпичей,
 - конвейера с транспортной лентой для перемещения огнеупорных кирпичей к манипулятору, осуществляющему футеровку,
 - по крайней мере одной установки для резки огнеупорного кирпича, которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения,
 - по крайней мере одной установки для нанесения раствора, которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения,
 - по крайней мере одной установки для подачи и засыпки сухого самоспекающегося огнеупорного материала,
 - самоходной платформы для манипулятора, осуществляющего футеровку, с возможностью вертикального перемещения, которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения,
 - по крайней мере одного манипулятора, осуществляющего футеровку, который установлен на платформе и обладает не менее чем четырьмя степенями свободы, при этом указанный манипулятор снабжен не менее чем одним датчиком технического зрения и насадкой для засыпки сухого самоспекающегося огнеупорного материала,
 - установку платформы по крайней мере с одним манипулятором, осуществляющим футеровку огнеупорными кирпичами внутри оборудования, в начале первого участка, с которого будет выполняться футеровка,
 - сканирование с помощью датчиков технического зрения фактического состояния внутренней поверхности зоны, подлежащей футеровке,
 - определение в отсканированной зоне отдельных участков футеровки в зависимости от вида оборудования, определение размеров и фактического состояния каждого участка,
 - автоматическое обновление 3D модели футеровки с учетом фактического состояния внутренней поверхности каждого участка футеруемой зоны на основании данных, полученных от датчиков технического зрения в результате сканирования,
 - выполнение футеровки оборудования, при этом управление процессом осуществляют с помощью блока управления, который для управления процессом использует данные, полученные по крайней мере с трех датчиков технического зрения, включая датчик на манипуляторе для подачи огнеупорных кирпичей, датчик на платформе манипулятора, осуществляющего футеровку, датчик на манипуляторе, осуществляющем футеровку.
10. Роботизированный комплекс для автоматизированной огнеупорной футеровки, содержащий
 - блок управления роботизированным комплексом,
 - по крайней мере один манипулятор для подачи огнеупорных кирпичей,
 - по крайней мере один датчик технического зрения для сканирования и определения фактических размеров огнеупорных кирпичей,
 - конвейер с транспортной лентой для перемещения огнеупорных кирпичей к манипулятору, осуществляющему футеровку,
 - по крайней мере одну установку для нанесения раствора, которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения,
 - самоходную платформу для манипулятора, осуществляющего футеровку, с возможностью вертикального перемещения, которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения,
 - по крайней мере один манипулятор, осуществляющий футеровку, который установлен на платформе и обладает не менее чем четырьмя степенями свободы, снабженный на стороне захвата не менее чем одним датчиком технического зрения.
11. Роботизированный комплекс по п.10, отличающийся тем, что дополнительно содержит по крайней мере одну установку для резки огнеупорного кирпича, которая снабжена по крайней мере одним датчиком технического зрения.
12. Роботизированный комплекс по п.11, отличающийся тем, что установка для резки огнеупорного кирпича расположена до установки для нанесения раствора на огнеупорный кирпич.
13. Роботизированный комплекс по п.11, отличающийся тем, что установка для резки снабжена механическими зажимами для фиксации огнеупорного кирпича,
14. Роботизированный комплекс по п.11, отличающийся тем, что установка для резки снабжена механизмом для резки, снабженным алмазным диском.
15. Роботизированный комплекс по п.10, отличающийся тем, что установка для нанесения раствора установлена на транспортной ленте после установки для резки огнеупорного кирпича.

16. Роботизированный комплекс по п.10, отличающийся тем, что установка для нанесения раствора установлена на платформе манипулятора, осуществляющего футеровку.

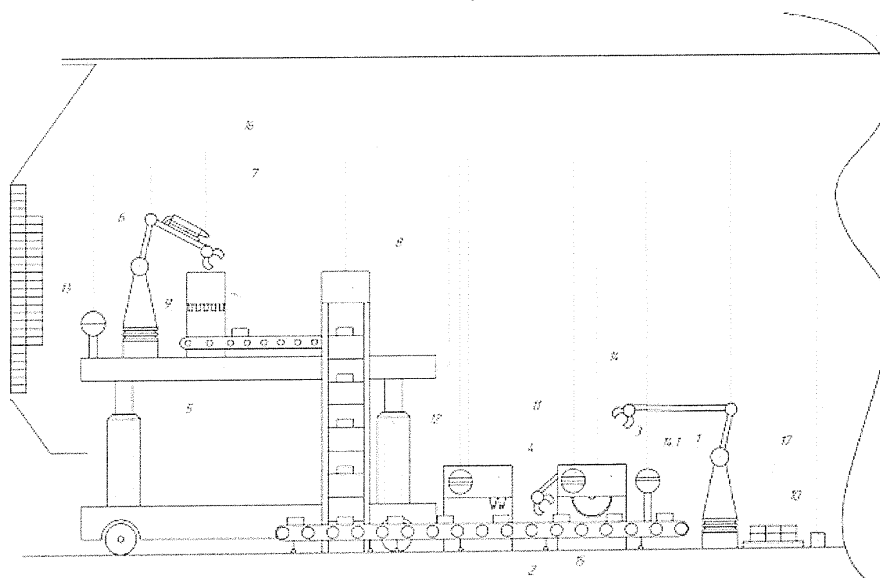
17. Роботизированный комплекс по п.10, отличающийся тем, что дополнительно включает насадку для засыпки сухого самоспекающегося огнеупорного материала, установленную на манипуляторе, осуществляющем футеровку.

18. Роботизированный комплекс по п.10, отличающийся тем, что самоходная платформа для манипулятора, осуществляющего футеровку, выполнена подвешенного типа с дополнительной возможностью горизонтального перемещения.

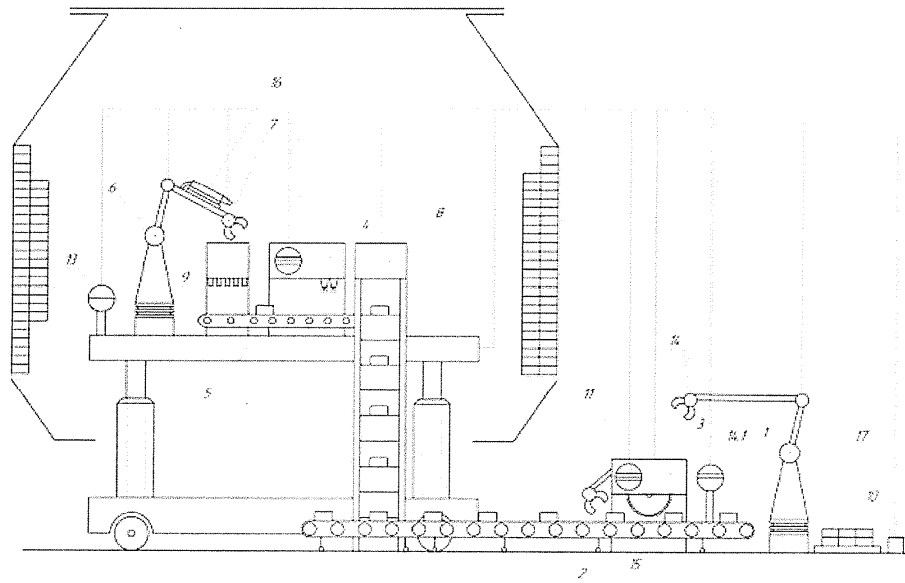
19. Роботизированный комплекс по п.10, отличающийся тем, что блок управления соединен с остальными элементами электрически.



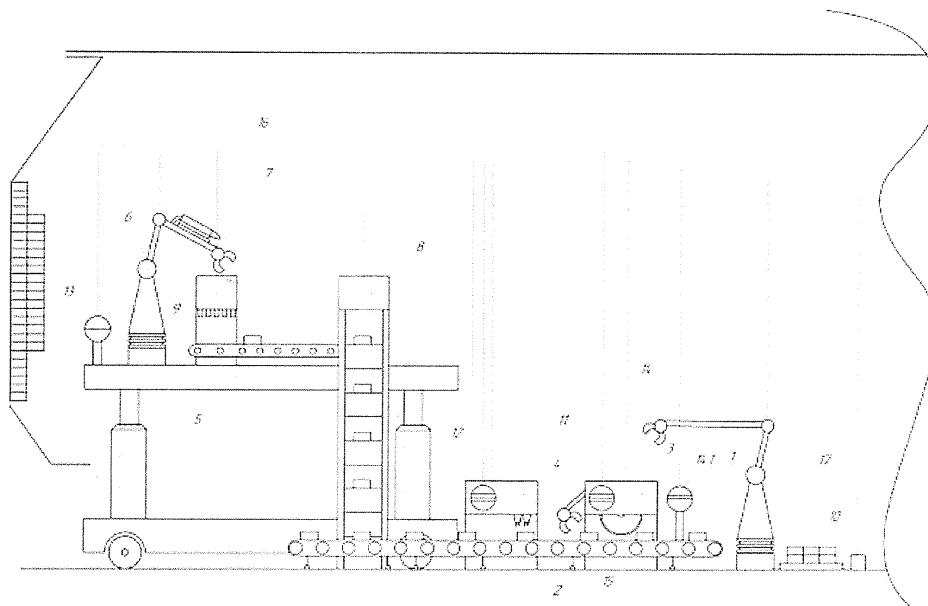
Фиг. 1



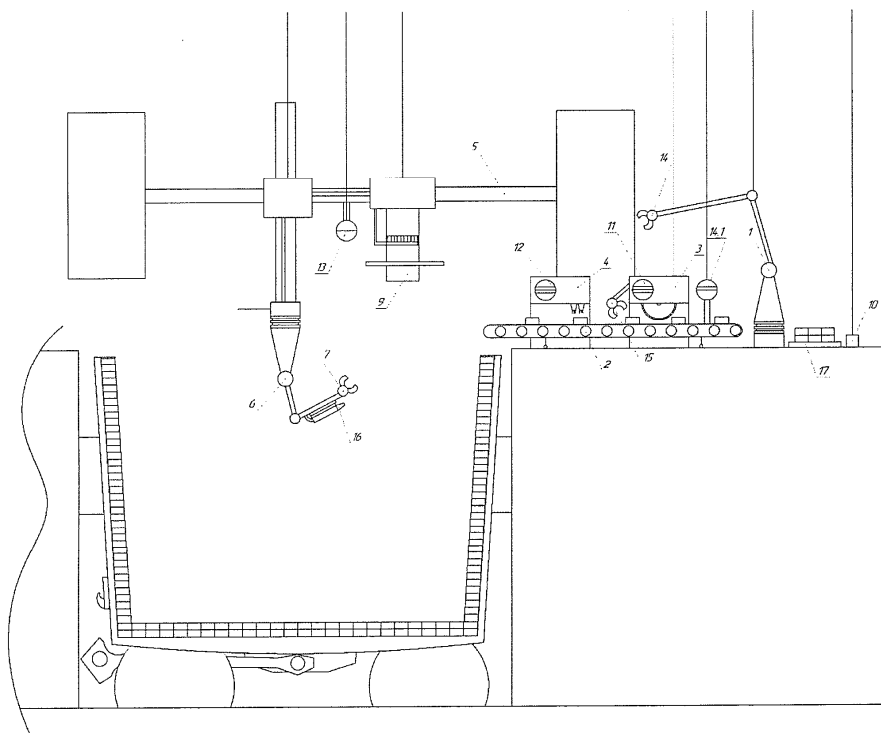
Фиг. 2



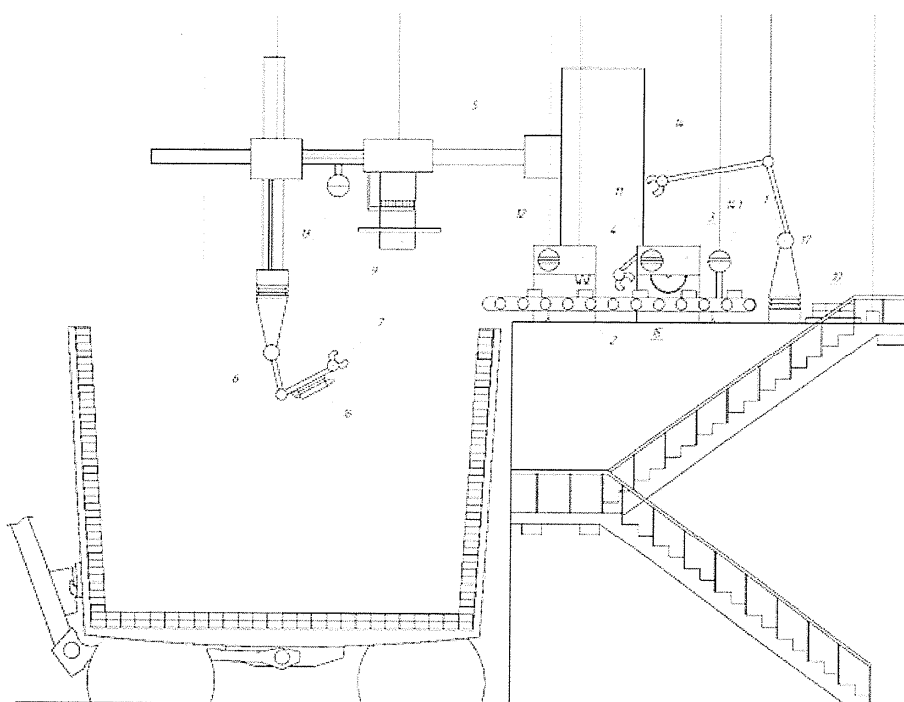
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6

