

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038076**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.07.01

(51) Int. Cl. **F26B 17/14** (2006.01)
B02C 21/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202091370

(22) Дата подачи заявки
2018.12.06

(54) СУШИЛЬНЫЙ БУНКЕР, А ТАКЖЕ РАЗМОЛЬНО-СУШИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС, ВКЛЮЧАЮЩИЙ В СЕБЯ ТАКОЙ БУНКЕР

(31) **LU100534**

(56) **US-A-3159467**
WO-A1-2017102810
WO-A1-2010062526
CA-A-263206
US-A-4615718

(32) **2017.12.07**

(33) **LU**

(43) **2020.10.30**

(86) **PCT/EP2018/083857**

(87) **WO 2019/110753 2019.06.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ПОЛЬ ВУРТ С.А. (LU)

(72) Изобретатель:
Шмит Луи (LU)

(74) Представитель:
Веселицкая И.А., 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)

(57) Сушильный бункер для просушивания гранулированного материала, включающий в себя корпус (12) бункера, задающий напорную камеру (13) для гранулированного материала и имеющий верхнюю часть и нижнюю часть, входное отверстие (20) материала для гранулированного материала, расположенное в верхней части, выходной порт (26) материала в нижней части, средства (36) для впуска горячего сушильного газа в корпус бункера и выпускное отверстие газа, расположенное в верхней части. Средства (36) для впуска горячего сушильного газа включают в себя несколько газовых трубок (40), расположенных простирающимися, по существу, вертикально в верхней части, причем каждая газовая трубка имеет выпускное отверстие (40.1) газа на её нижнем конце и соединена на её верхнем конце (40.2) с кольцевым газопроводом (38), имеющим газовое отверстие для приема потока сушильного газа, причем газовые трубки распределены по кольцевому газопроводу.

038076 B1

038076 B1

Область техники

Сушильный бункер для просушивания гранулированного материала, включающий в себя корпус (12) бункера, задающий напорную камеру (13) для гранулированного материала и имеющий верхнюю часть и нижнюю часть, входное отверстие (20) материала для гранулированного материала, расположенное в верхней части, выходной порт (26) материала в нижней части, средства (36) для впуска горячего сушильного газа в корпус бункера и выпускное отверстие газа, расположенное в верхней части. Средства (36) для впуска горячего сушильного газа включают в себя несколько газовых трубок (40), расположенных простирающимися, по существу, вертикально в верхней части, причем каждая газовая трубка имеет выпускное отверстие (40.1) газа на её нижнем конце и соединена на её верхнем конце (40.2) с кольцевым газопроводом (38), имеющим газовое отверстие для приема потока сушильного газа, причем газовые трубки распределены по кольцевому газопроводу.

Область техники

В целом, изобретение относится к сушильным бункерам для просушивания гранулированных материалов различных типов. Такие сушильные бункеры могут использоваться в ряде случаев практического применения и, прежде всего, в размольно-сушильном комплексе.

Уровень техники

Гранулированные материалы используют в различных отраслях промышленности и их можно получать из многообразия материалов, например из минеральных, органических или синтетических материалов. Большинство гранулированных материалов содержит в себе существенное количество увлеченной влаги, а некоторые из них даже проявляют гигроскопические свойства.

Поэтому гранулированные материалы традиционным способом предварительно нагревают и просушивают в сушильных бункерах, продувая через них нагретый (сухой) воздух или, в более широком смысле, сушильный газ. Как правило, сушильный газ поступает в сушильный бункер через двойное днище или сопла, расположенные в нижней, сходящейся на конус части бункера. Сухой воздух устремляется потоком вверх через гранулированную шихту, нагревая гранулированный материал и удаляя из него влагу. Влажный воздух выходит затем из бункера через выпускное отверстие в его крыше.

Для многих промышленных технологических процессов просушивание и/или предварительное просушивание насыпного материала имеет важное значение, поскольку оно может влиять на рабочие характеристики, эффективность и/или безопасность технологического процесса.

Для наглядности рассмотрим пример из металлургической промышленности. В WO 2017/102810, например раскрыта сущность предварительного просушивания исходного материала, прежде всего исходного (сырого) угля, выше по потоку от размольно-сушильного комплекса. Фактически, повышенное содержание влаги в исходном материале, подвергаемом технологической обработке, т.е. подвергаемом размолу и просушиванию, оказывает отрицательное воздействие на производительность мельницы тонкого помола. Другими словами, максимально возможная выходная мощность мельницы тонкого помола уменьшается с увеличением содержания влаги в исходном материале (выше заданного порогового значения содержания влаги).

За счет предварительного просушивания исходного материала в сушильном бункере выше по потоку от мельницы тонкого помола потребная мощность, а следовательно, и типоразмер устанавливаемой мельницы тонкого помола могут быть уменьшены. Потребная мощность по просушиванию, а следовательно, и расход сушильного газа в размольно-сушильном комплексе также могут быть уменьшены, уменьшая тем самым типоразмеры и мощности, прежде всего труб для технологического газа, оборудования (например, многосекционный циклон или мешочный фильтр) для сепарации отработанного сушильного газа из просушенного твердого материала и основного вентилятора сушильного газа.

В конфигурации комплекса согласно WO 2017/102810 горячий газ для предварительного просушивания нагнетают в сушильный бункер через несколько сопел (на одном или нескольких уровнях) на внешней окружной поверхности цилиндрической или усеченной нижней конической части корпуса бункера. При том, что это очень распространенное решение, наблюдения показали, что этот способ компоновки не всегда обеспечивает равномерное просушивание гранулированного материала ввиду специфичных структур потока сушильного газа. Другими словами, определенная часть исходного материала не будет предварительно высушиваться или только незначительно будет предварительно высушиваться, в то время как другая часть материала может оказаться почти полностью просушенной или даже перегретой. В случае если этот предварительно неравномерно просушенный материал не будет доведен до однородного состояния во время выгрузки в мельницу тонкого помола ниже по потоку, рабочие режимы в мельнице тонкого помола могут меняться вплоть до хаотичных и приводить к неоднородным свойствам тонко размолотого материала.

Техническая задача

Задача изобретения заключается в предоставлении сушильного бункера улучшенной конструкции, обеспечивающей, прежде всего, более однородное просушивание шихты из гранулированного материала.

Общее описание изобретения

Изобретение исходит из того факта, что традиционная компоновка сушильных бункеров, как продемонстрировано, например, в WO 2017/102810, и определяемая ею структура потока газа противоречат

предположению о проточно-сквозном устройстве предварительного просушивания, в котором газ и твердый материал движутся, по существу, потоком/перемещаются в противоположных направлениях тока.

Собственно, автор изобретения подметил, что газ для предварительного просушивания, нагнетенный через внешние стенки такого бункера предварительного просушивания, проходит через исходный материал большей частью в направлении поперечного тока. Это приводит к тому, что только часть потока исходного материала (та, которая приходится на самое крайнее кольцевое пространство в горизонтальном поперечном сечении бункера) непрерывно "задевается" газом для предварительного просушивания с температурой входного уровня, в то время как исходный материал, сходящий большей частью в центральную зону бункера, непрерывно контактирует с газом для предварительного просушивания с меньшими уровнями температуры и, надо полагать, с меньшей интенсивностью подачи. Как следствие, в зависимости от эксплуатационных условий предварительное просушивание может не быть равномерным, часть исходного материала предварительно может не высушиваться или может предварительно высушиваться только незначительно, в то время как другая часть материала может оказаться почти полностью просушенной или даже перегретой. Как упоминалось выше, использование такого неравномерно предварительно просушенного материала может приводить (к развитию) меняющегося, хаотичного или даже опасного рабочего режима на последующих технологических стадиях/этапах обработки.

Для решения вышеуказанной проблемы настоящее изобретение предлагает сушильный бункер для просушивания гранулированного материала, включающий в себя

корпус бункера, задающий напорную камеру для гранулированного материала и имеющий верхнюю часть и нижнюю часть;

входное отверстие материала для гранулированного материала, расположенное в верхней части;

выходной порт материала в нижней части;

средства для впуска горячего сушильного газа в корпус бункера; и

выпускное отверстие газа, расположенное в верхней части.

Согласно важному аспекту изобретения средства для впуска горячего сушильного газа включают в себя несколько газовых трубок, расположенных простирающимися, по существу, вертикально в верхней части, причем каждая газовая трубка имеет выпускное отверстие газа на её нижнем конце и соединена на её верхнем конце с кольцевым газопроводом, имеющим газовое отверстие для приема потока сушильного газа, причем газовые трубки распределены по кольцевому газопроводу. Предпочтительно, газовые трубки простираются вниз до зоны от 25 до 50% по высоте (H) корпуса.

Как было пояснено в контексте уровня техники, периферийный впуск сушильного газа в традиционные сушильные бункеры создает проблемы с равномерностью обработки. Газ проявляет тенденцию оставаться во внешней периферии бункера, так что только уменьшенные расходные количества сушильного газа достигают центральной части бункера, имея сниженные температуры.

В отличие от этого предложенный сушильный бункер включает в себя усовершенствованные средства для впуска горячего сушильного газа в сушильный бункер. Применение комплекта вертикальных газовых трубок позволяет впускать несколько потоков горячего сушильного газа в гранулированный материал в нужных точках, чтобы способствовать его более однородному току через гранулированный материал. Кроме того, поскольку газовые трубки простираются внутрь верхней части корпуса бункера, часть гранулированного материала уже окажется предварительно нагретой за счет контакта с газовыми трубками и кольцевым газопроводом (при условии установки внутри корпуса бункера).

Как предполагается, газ для предварительного просушивания будет протекать, главным образом, в направлении вверх по вертикали через исходный материал, обеспечивая тем самым более однородное предварительное просушивание в исходном материале, перемещающемся через бункер в направлении вниз по вертикали. Полное просушивание и перегрев части исходного материала исключены. Распределительная трубопроводная разводка для горячего сушильного газа не требует внешней теплоизоляции. Тепловые потери передаются в отработанный газ для предварительного просушивания, выходящий из бункера, и балансируются регулированием температуры на выходе отработанного газа для предварительного просушивания. Горячий сушильный газ не контактирует ни с корпусом бункера, ни с разгрузочным конвейером выгрузного манипулятора, который может быть предусмотрен в основании корпуса, которые большей частью являются предохраняемыми влажным или предварительно просушенным исходным материалом от воздействия существенно более высоких температурных уровней.

Такая конструкция сушильного бункера представляет собой особый интерес в отношении бункеров с коэффициентом формы (высота, отнесенная к диаметру), равным 1,5 и менее того. Несколько распределенных по кругу/по окружности газовых трубок доводит поток горячего сушильного газа к нескольким точкам в самой толще гранулированного материала.

Количество газовых трубок и площадь их внутреннего поперечного сечения могут определяться, например, на основе гидродинамических расчетов или моделирования с учетом характеристик исходного материала. Как известно из уровня техники, реальное распределение газа для предварительного просушивания внутри исходного материала обусловлено, главным образом, характеристиками исходного материала, прежде всего распределением по классу крупности.

Предпочтительно, кольцевой газопровод расположен внутри корпуса в его верхней части. При этом

кольцевой газопровод может располагаться за пределами корпуса с прохождением вертикальных газовых трубок через крышу корпуса.

На кольцевом газопроводе предусмотрено определенное количество вертикальных газовых трубок. В вариантах конструктивного выполнения с кольцевым газопроводом соединены по меньшей мере четыре такие газовые трубки, предпочтительно, равноотстоящие друг от друга.

Газовые трубки могут быть расположены на воображаемой окружности (38.1) с диаметром от 0,45 до 0,75, более предпочтительно от 0,50 до 0,65 внутреннего диаметра корпуса.

В одних вариантах конструктивного выполнения газовые трубки являются прямыми трубками, открытыми на обоих концах. В других вариантах конструктивного выполнения газовые трубки имеют расширяющуюся вниз нижнюю часть. Прежде всего, газовые трубки могут быть заданы как выполненные в форме усеченного конуса трубки, причем узкий конец соединен с кольцевым газопроводом, а газовая трубка на ее выходном порту подает пластину газа.

В вариантах конструктивного выполнения нижняя часть газовой трубки может быть оборудована дросселирующим приспособлением для адаптивного регулирования выходной скорости выходящего из трубки горячего сушильного газа. Такие дросселирующие приспособления, предпочтительно, расположены внутри газовых трубок.

Предпочтительно, ниже входного отверстия материала расположен распределительный элемент материала, прежде всего конус-распределитель, для разбрасывания гранулированного материала. Кольцевой газопровод и распределительный элемент, предпочтительно, расположены концентрично, например приблизительно на одной высоте.

В вариантах конструктивного выполнения сушильный бункер может иметь одну или несколько следующих отличительных особенностей:

входное отверстие материала расположено по центру в крыше корпуса бункера;

входное отверстие материала включает в себя сопло;

корпус бункера имеет, по существу, плоскую донную стенку, в которой, предпочтительно, по центру расположен выходной порт материала;

на удалении от донной стенки корпуса расположен отклоняющий элемент, расположенный так, чтобы закрывать выходное отверстие материала;

в нижней части (корпуса) расположено собирающее средство, чтобы принудительно направлять гранулированный материал в сторону выходного отверстия материала;

газовые трубки имеют расширяющуюся вниз нижнюю часть.

Эти и другие варианты конструктивного выполнения согласно настоящему изобретению изложены в прилагаемых зависимых пунктах формулы изобретения.

Согласно другому аспекту предметом изобретения является также размольно-сушильный комплекс для получения тонкоизмельченного сухого материала из крупнокускового материала, причем размольно-сушильный комплекс включает в себя

источник нагретого сушильного газа для обеспечения нагретого сушильного газа с заданной температурой;

оборудование тонкого помола для тонкого помола и просушивания крупнокускового материала для получения тонкоизмельченного сухого материала;

сушильный бункер в соответствии с первым аспектом изобретения, предусмотренный выше по потоку от оборудования тонкого помола, для просушивания крупнокускового материала;

транспортировочные приспособления для транспортировки крупнокускового материала из сушильного бункера в оборудование тонкого помола;

трубопроводы для подачи нагретого сушильного газа в оборудование тонкого помола и сушильный бункер; и

сепаратор ниже по потоку от оборудования тонкого помола для сбора и сепарации тонкоизмельченного сухого материала из сушильного газа.

Краткое описание чертежей

Дополнительные отличительные особенности и преимущества изобретения станут очевидными из приведенного ниже детального описания нескольких не ограничивающих сущность изобретения вариантов конструктивного выполнения со ссылкой на прилагаемые чертежи, где

фиг. 1 - эскиз варианта конструктивного выполнения предложенного сушильного бункера;

фиг. 2 - схема варианта конструктивного выполнения размольно-сушильного комплекса, отличающегося наличием сушильного бункера по фиг. 1;

фиг. 3 - эскиз альтернативной конструкции кольцевого газопровода с газовыми трубками; и

фиг. 4 - эскиз еще одного варианта конструктивного выполнения газовой трубки для приспособления под выпуск горячего сушильного газа.

Описание предпочтительных вариантов конструктивного выполнения

На фиг. 1 показана принципиальная схема предложенного сушильного бункера 10. Он включает в себя корпус 12, имеющий, в целом, трубчатую внешнюю стенку 14, простирающуюся вдоль центральной оси А, который закрыт на обоих концах соответственно донной стенкой 16 и верхней стенкой 18 или

крышей. Предпочтительно, внешняя стенка 14 является кольцевой и незначительно сходится на конус в нижней части корпуса (часть в форме усеченного конуса). При этом данное условие не является ограничительным, и внешняя стенка может иметь прямоугольную или квадратную форму поперечного сечения.

Корпус 12 задает напорную камеру 13 для гранулированного материала, временно хранящегося в ней для целей просушивания. Входное отверстие 20 материала для гранулированного материала расположено в верхней части корпуса, прежде всего в центре крыши 18. Гранулированный материал подают через питающую трубу 22, которая соединена с входным отверстием 20. Предпочтительно, во входном отверстии 20 материала установлено (не показанное) сопло под непосредственное соединение конца питающей трубы 22 с входной частью сопла. В процессе эксплуатации питающая труба 22, как правило, может быть соединена с (не показанным) накопительным бункером выше по потоку, содержащим материал, подлежащий просушиванию в сушильном бункере 10. По ходу питающей трубы может быть расположена поворотная заслонка 24 для регулирования потока гранулированного материала в сушильный бункер 10 и предупреждения возмущающих эффектов от воздействия различного давления (атмосферное, избыточное или давление ниже атмосферного) внутри верхней части бункера по рабочей связи с накопительным бункером выше по потоку.

Ссылочным обозначением 26 обозначен выходной порт материала в донной части. В этом варианте донная стенка 16 является плоской, а выходной порт материала расположен в ней по центру, вдоль оси А. Поступающий через входное отверстие 20 гранулированный материал под действием силы тяжести будет падать в бункер 10 и накапливаться в нем.

В нижней части над донной стенкой 16 расположен отклоняющий элемент 28, расположенный на удалении от нее так, чтобы закрывать выходной порт 26. В этом варианте отклоняющий элемент 28 имеет коническую форму с окружностью (основания конуса) больше, чем окружность выходного отверстия 26. Это исключает формирование столба из материала по вертикали над выходным отверстием 26. Наоборот, гранулированный материал будет налегать на плоское днище 16 по периферии отклоняющего элемента 28. Предусмотрено собирающее средство, в данном случае - горизонтальный скребок или выгрузной манипулятор 30 для выгрузки материала через выходное отверстие 26. Как правило, скребок конструктивно может быть выполнен в виде горизонтальной лопасти, установленной на поворотном валу, приводимом в действие от блока электродвигателя.

В процессе эксплуатации к выходному отверстию 26, как правило, подсоединена разгрузочная труба 32, чтобы направлять просушенный гранулированный материал на следующий участок обработки или использования в зависимости от практического применения/техпроцесса. Поворотная заслонка 34 позволяет регулировать поток, выходящий через разгрузочную трубу 32 и предупреждать возмущающие эффекты от воздействия различного давления (атмосферное, избыточное или давление ниже атмосферного) внутри нижней части бункера по рабочей связи с оборудованием ниже по потоку, как правило, мельницей тонкого помола.

Ссылочным обозначением 36, в целом, обозначено средства для впуска горячего сушильного газа в корпус бункера, которые включает в себя кольцевой газопровод 38 и определенное количество газовых трубок 40, которые расположены простирающимися, по существу, вертикально в верхней части корпуса бункера. Каждая газовая трубка 40 имеет выпускное отверстие 40.1 газа на её нижнем конце и соединена на её верхнем конце с кольцевым газопроводом. Кольцевой газопровод 38 имеет (здесь не показанный) газовое отверстие для приема потока сушильного газа из питающего магистрального газопровода 42, проходящего через крышу 18. В этом варианте конструктивного выполнения кольцевой газопровод 38 представляет собой кольцевой трубопровод с круглым поперечным сечением (торус), причем это решение не является ограничительным и могут быть предусмотрены другие конфигурации.

Отверстие 44 для выпуска газа расположено в верхней части, а именно - в крыше 18. К отверстию 44 для выпуска газа подсоединена газовыпускная труба 46 для отвода отработанного сушильного газа на фильтровальное оборудование, прежде чем сбрасывать его в атмосферу.

Ниже входного отверстия 20 материала расположен распределительный элемент 48, предпочтительно отцентрированный по одной линии с осью А. Распределительному элементу 48 придана форма для радиального разбрасывания падающего на него материала. В данном случае он имеет форму конуса, при этом ему может быть придана форма купола или колокола или любая другая функционально аналогичная форма.

Распределительный элемент 48 выполнен с возможностью захода внутрь кольцевого газопровода 38, (располагаясь) примерно на одной высоте с ним. Таким образом, материал, поступающий из входного отверстия 20 материала, падает на распределительный элемент 48 и радиально направляется под кольцевой газопровод 38, в сторону вертикальных газовых трубок 40.

Использованные в данном контексте выражения "верхняя часть" и "нижняя часть" соответственно обозначают области бункера выше и ниже центральной линии В (на расстоянии посередине между верхней и нижней стенками).

Для улучшенного распределения сушильного газа газовые трубки 40 могут быть расположены на воображаемой окружности с диаметром от 0,45 до 0,75, более предпочтительно от 0,50 до 0,65, размера внутреннего диаметра корпуса (бункера). Эта воображаемая окружность на фиг. 1 соответствует обозна-

ченной ссылкой обозначением 38.1 кольцевой центральной линии кольцевого газопровода 38.

Предпочтительно, газовые трубки простираются вниз до зоны от 25 до 50% по высоте (Н) корпуса. Эта зона или горизонтальный пояс указаны на фигуре ссылкой обозначением 41. Здесь необходимо отметить: при том что газовые трубки 40 простираются через верхнюю часть (т.е. по меньшей мере через один отдел верхней части) для контакта с входящим потоком гранулированного материала, выпускные отверстия 40.1 газовых трубок 40 зачастую могут находиться в нижней части (ниже линии В, приходящейся на середину высоты), причем выпускные отверстия 40.1 трубок находятся в пределах горизонтального пояса 41.

Теперь обратимся к фиг. 2, которая касается практического применения предложенного сушильного бункера в увязке с размольно-сушильным комплексом 100. Прежде всего, сушильный бункер используют в комплексе 100 как бункер предварительного просушивания влажного крупнокускового сыпучего материала, например угля или шлака, подвергаемого технологической обработке в комплексе 100.

В размольно-сушильном комплексе 100 исходный материал, например крупнокусковой шлак или уголь, хранят в накопительном бункере 110 исходного материала, расположенном выше по потоку перед мельницей 130. Предложенный сушильный бункер, например представленный на фиг. 1 бункер, обозначенный ссылкой обозначением 120, расположен между накопительным бункером 110 и мельницей 130. Для выполнения переработки в высушенный порошкообразный материал, например в порошкообразный шлак или уголь, предварительно просушенный исходный материал может подаваться из сушильного бункера 120 в мельницу 130 с помощью конвейера 125 с переменной скоростью движения (переменной пропускной способностью), например, с помощью скребкового цепного конвейера с переменной скоростью движения и/или ротационного питателя.

Остальной состав комплекса 100, скорее, традиционный и аналогичен известным размольно-сушильным комплексам, см., например, WO 2017/102810.

Сушильную энергию подводят с помощью генератора 120 сушильного газа переменной производительности, работающего на сжигании горючего газа. Насколько это доступно, горючий газ, предпочтительно, представляет собой низкокалорийный газ с низким содержанием водорода, например доменный газ. Низкое содержание водорода ограничивает содержание водяных паров в полученном сушильном газе, увеличивая, таким образом, эффективность просушивания. Как правило, генератор 120 сушильного газа включает в себя также вентилятор воздуха для горения и дополнительную маломощную горелку для высококалорийного горючего газа, например природного газа или коксового газа, необходимого для разогрева установки и, по возможности, для поддержания горения низкокалорийного горючего газа.

Традиционно, поскольку в режиме, близком к стехиометрическому горению с исключением высокой концентрации кислорода в топочном газе, даже при использовании низкокалорийного горючего газа уровни температуры горячих топочных газов выходят на величину порядка 1000°C и выше, т.е. в несколько раз больше, чем это может быть приемлемо внутри мельницы и при контакте с влажным исходным материалом, прежде всего просушиваемым углем, то в горячий топочный газ, полученный внутри генератора 120 сушильного газа, должно подмешиваться большое расходное количество рециркуляционного отработанного сушильного газа с температурой примерно в 100°C. Рециркуляционный отработанный сушильный газ поступает из трубопровода 170. Это позволит выйти на соответствующую температуру сушильного газа на входе в мельницу 130 в диапазоне от примерно 200°C до менее 400°C в случае с углем, при этом ее фактическое потребное значение обуславливается, прежде всего, содержанием влаги в исходном материале.

В типовых размольно-сушильных комплексах 100 тонкий помол, обычно размалывание и просушивание исходного материала, осуществляют большей частью параллельно, внутри мельницы 130. Материал размалывают, например, между вращающимися валками, размольными шарами и т.п. и поворотным размольным столом или помольной чашей, а влагу испаряют при контакте с горячим сушильным газом. Сушильный газ транспортирует размолотый материал в сортировальное устройство, обычно встроенное в верхнюю часть мельницы 130. Крупнокусковой материал удаляют из потока сушильного газа и возвращают на размольный стол или в помольную чашу, а мелкозернистый (тонкоизмельченный) материал с помощью остывшего отработанного сушильного газа с увеличенным содержанием водяных паров транспортируют через трубопровод 135 в расположенное ниже по потоку оборудование 140 для сепарации газа и твердых частиц, в данном случае - многосекционный циклон, хотя может использоваться и обычный мешочный фильтр.

Порошкообразный материал, сепарированный из отработанного сушильного газа с помощью оборудования 140, перегружают в расположенное ниже по потоку оборудование 150 для хранения или транспортировки, например в накопительный бункер мелкозернистого материала/продукта (порошкообразного угля), транспортировочную воронку, насос для порошковых материалов и т.п.

Необходимо отметить, что отработанный сушильный газ направляют на рециркуляцию через трубопровод 170 в генератор 120 сушильного газа и подмешивают в горячий топочный газ для получения горячего сушильного газа с соответствующим уровнем температуры на входе в мельницу. Большую часть этого горячего сушильного газа подают затем, в основном, в мельницу 130, а остальную часть по-

дают через трубопровод 175 на бункер 120 предварительного просушивания и нагнетают в него. Как было пояснено в привязке к фиг. 1, горячий сушильный газ, нагнетенный в бункер 120 предварительного просушивания, проходит через постель исходных материалов, подогревает исходные материалы, испаряет часть влаги из исходных материалов, остывает и выходит из бункера 120 в его верхней части. Отработанный сушильный газ, выходящий из бункера 120 предварительного просушивания, очищают в расположенном ниже по потоку мешочном фильтре 180 для отходящих газов и в конечном счете сбрасывают в атмосферу через вытяжную трубу 190 для отходящих газов, мелкозернистый твердый материал, сепарированный из отходящих газов, перегружают в бункер 150 для мелкозернистого материала/продукта. Исходный материал с уменьшенным содержанием влаги перегружают из бункера 120 предварительного просушивания в мельницу 130 для переработки в высушенный мелкозернистый материал.

Бункер 120 предварительного просушивания позволяет уменьшать содержание влаги в исходном материале выше по потоку перед мельницей 130, в результате обеспечивая уменьшение расхода сушильного газа, подаваемого на мельницу 130 (в пределах границ фиксированного диапазона расхода сушильного газа, заданного в направлении мельницы), обусловленное этим расходом сушильного газа уменьшение мощности и типоразмера оборудования 140 для сепарации газа и твердых веществ, уменьшение производительности главного вентилятора сушильного газа 171 и, в конечном счете, уменьшение типоразмера мельницы 130.

Уровень давления в контуре, в целом, контролируют (посредством регулирования потока отходящих газов) таким образом, чтобы ниже по потоку от генератора 120 сушильного газа и выше по потоку перед мельницей 130 и накопительным 120 бункером исходного материала (возможно, неточность - сушильным 120 бункером - прим. переводчика) иметь соответствующий уровень избыточного давления для подачи сушильного газа на заданном расходе через накопительный бункер 120 исходного материала и расположенный ниже по потоку мешочный фильтр 180 со сбросом в атмосферу через вытяжную трубу 190 (трубу для отходящих газов).

Обсуждение.

Вернемся к уровню техники. Как указывалось выше, в WO 2017/102810 раскрыта сущность предварительного просушивания исходного материала, прежде всего исходного угля, выше по потоку от размольно-сушильного комплекса. За счет предварительного просушивания исходного материала в сушильном бункере выше по потоку от мельницы тонкого помола потребная мощность, а следовательно, и типоразмер устанавливаемой мельницы тонкого помола могут быть уменьшены. Потребная мощность по просушиванию, а следовательно, и расход сушильного газа в размольно-сушильном комплексе также могут быть уменьшены, уменьшая тем самым типоразмеры и мощности, прежде всего, труб для технологического газа, оборудования (например, многосекционный циклон или мешочный фильтр) для сепарации отработанного сушильного газа из просушенного твердого материала и основного вентилятора сушильного газа.

В размольно-сушильном комплексе согласно WO 2017/102810 (см. фиг. 2) система предварительного просушивания исходного материала изначально была интегрирована (на участке) выше по потоку от мельницы тонкого помола. Газ для предварительного просушивания и сушильный газ получают совместно в одном и том же генераторе сушильного газа. В случае с увеличением мощности уже существующего размольно-сушильного комплекса в результате добавления оборудования предварительного просушивания отходящий газ от существующего комплекса с помощью нового вентилятора отходящего сушильного газа можно было бы подавать на новый генератор газа для предварительного просушивания, подогревать его до входной температуры газа для предварительного просушивания за счет подмешивания горячего топочного газа, полученного в этом генераторе газа для предварительного просушивания и направлять затем в собственно оборудование предварительного просушивания.

Было предложено осуществлять предварительное просушивание внутри бункера предварительного просушивания, функционирующего как проточно-сквозная сушилка, т.е. горячий газ для предварительного просушивания движется потоком, по существу, в направлении вверх по вертикали через содержащийся в бункере насыпной материал, в то время как этот насыпной материал медленно сходит в направлении вниз по вертикали. С перемещением газа через насыпной материал тепло от газа передается на твердый материал, твердый материал и влага в жидкой фазе нагреваются, а поверхностная влага частично испаряется и захватывается газом. Остывший газ для предварительного просушивания с повышенным содержанием влаги выходит из бункера в его верхней части, а предварительно просушенный и (в ограниченной степени) подогретый твердый материал выгружают в основании бункера и направляют в мельницу тонкого помола ниже по потоку.

Условия предварительного просушивания сильно зависят от распределения исходного материала по гранулометрическому составу. Чем мельче этот исходный материал, тем больше площадь тепло- и парообменной поверхности на единицу объема материала. С другой стороны, температура остывшего газа для предварительного просушивания, выходящего из бункера, должна поддерживаться на достаточно высоком уровне, чтобы исключить любое поступление воды в жидкой фазе в расположенное ниже по потоку оборудование с мешочными фильтрами (или аналогичное оборудование для сепарации газа и твердых веществ), которое предназначено для очистки газа для предварительного просушивания перед

тем, как сбрасывать его в атмосферу. Это, если в расчет не принимается повторный нагрев отходящего газа для предварительного просушивания ниже по потоку от бункера предварительного просушивания, означает, что в зависимости от распределения исходного материала по гранулометрическому составу должна контролироваться и ограничиваться площадь тепло- и парообменной поверхности внутри бункера, а следовательно, в конечном счете, и высота наполнения исходного материала, находящегося в бункере и пересекаемого потоком газа для предварительного просушивания.

Потребление энергии предварительного просушивания, отдаваемой исходному материалу и ограничение по входной температуре газа для предварительного просушивания, обусловленное температурными ограничениями со стороны обрабатываемого материала, а также со стороны оборудования, в результате определяют диапазон возможных значений для расхода газа для предварительного просушивания, а следовательно, и диапазон значений для площади внутреннего поперечного сечения и внутреннего диаметра бункера предварительного просушивания, основываясь на диапазонах приемлемых значений для скоростей газа внутри бункера и результирующих из этого потерь давления.

Площадь внутреннего поперечного сечения бункера предварительного просушивания в этом случае обуславливает также и подлежащий контролю уровень заполнения бункера, как отмечено в предшествующем абзаце. Необходимый контроль и ограничение высоты наполнения исходного материала, включенного в процесс предварительного просушивания, т.е. в процесс переноса тепла и массы (водяного пара), стали причиной разделения обычного, вмещающего в себя исходный материал оборудования выше по потоку от мельницы на верхний бункер для хранения исходного материала или накопительный бункер и нижний, расположенный ниже по потоку бункер предварительного просушивания исходного материала, внутри которого осуществляют фактическое предварительное просушивание и в котором площадь поверхности для переноса тепла и массы, а следовательно, и высоту наполнения можно легко измерять и контролировать в зависимости от условий переноса тепла и массы и результирующих из них температурных уровней.

Для ограничения требуемой высоты как бункера для хранения исходного материала или накопительного бункера, так и бункера предварительного просушивания исходного материала, было предложено оборудовать каждый из них донным разгрузочным устройством выгрузного манипулятора, исключая, таким образом, громоздкие, большие по высоте нижние конические части, которые обуславливают использование дополнительных дорогостоящих металлоконструкций, предлагая при этом только ограниченный дополнительный объем для хранения.

В бункере предварительного просушивания согласно WO 2017/102810 горячий газ для предварительного просушивания нагнетают в бункер предварительного просушивания через несколько сопел (на одном или нескольких уровнях) на внешней окружной поверхности цилиндрической или усеченной нижней конической части корпуса бункера. Эта компоновка и определяемая ею структура потока газа, однако, противоречат предположению о проточно-сквозном устройстве предварительного просушивания, в котором газ и твердый материал, по существу, движутся потоком/перемещаются в противоположных направлениях тока, как было описано выше. Фактически, газ для предварительного просушивания, нагнетенный через внешние стенки (такого) бункера предварительного просушивания, проходит через исходный материал большей частью в направлении поперечного тока. Это приводит к тому, что только часть потока исходного материала (та, которая приходится на самое крайнее кольцевое пространство в горизонтальном поперечном сечении бункера) непрерывно "задевается" газом для предварительного просушивания с температурой входного уровня, в то время как исходный материал, сходящий большей частью в центральную зону бункера, непрерывно контактирует с газом для предварительного просушивания с меньшими уровнями температуры и, надо полагать, с меньшей интенсивностью подачи. Как следствие, предварительное просушивание не будет равномерным, часть исходного материала не будет предварительно высушиваться или будет предварительно высушиваться только незначительно, в то время как другая часть материала может оказаться почти полностью просушенной или даже перегретой. В случае если этот предварительно не равномерно просушенный материал не будет доведен до однородного состояния во время выгрузки в мельницу тонкого помола ниже по потоку, рабочие режимы в мельнице тонкого помола могут меняться вплоть до хаотичных и приводить к неоднородным свойствам тонко размолотого материала. Кроме того, обечайка бункера предварительного просушивания, по меньшей мере, на участках сопел для впуска газа для предварительного просушивания должна выдерживать входной температурный уровень газа для предварительного просушивания.

Эффекты от изобретения.

Предложенный сушильный бункер, как пояснено, например, со ссылкой на фиг. 1, основан на использовании улучшенной схемы впуска и распределения газа для предварительного просушивания, рассчитанной на более равномерное распределение газа и тепла, что приводит к более однородному предварительному просушиванию. Подвергаемый предварительному просушиванию исходный материал через расположенное в крыше бункера центральное входное отверстие 20 исходного материала подают внутрь бункера 10 и разбрасывают с помощью конуса-распределителя 48 в кольцевую цилиндрическую зону, граничащую с трубками 40 для впуска горячего сушильного газа. Горячий сушильный газ выходит из выпускных отверстий 40.1 в нижних концах трубок, проникает в насыпной материал, распространяется,

движется потоком вверх через насыпной материал, сверху выходит из объема, заполненного насыпным материалом и, в завершение, истекает из бункера через расположенное в крыше 18 отверстие 44 для выпуска отработанного газа для предварительного просушивания. Предварительно просушенный материал собирают конвейером 30 выгрузного манипулятора в донной части и выгружают через центральный выходной порт 26 исходного материала.

Скорость потока через входное отверстие исходного материала можно регулировать, как правило, с помощью изменения скорости поворота поворотной заслонки 24 над соплом для впуска исходного материала в бункер предварительного просушивания в соответствии с величиной уставки по выходу порошкообразного угля из размольно-сушильного комплекса ниже по потоку.

Производительность генератора газа для предварительного просушивания регулируют в соответствии с величиной уставки по теплоотбору от газа для предварительного просушивания по условиям обеспечения интенсивности предварительного просушивания и скорости потока через входное отверстие исходного материала. Уровень наполнения исходного материала внутри бункера регулируют с помощью изменения скорости донного разгрузочного устройства выгрузного манипулятора в самой нижней части бункера в соответствии с величиной уставки по выходной температуре отработанного газа для предварительного просушивания (выходная температура отработанного газа для предварительного просушивания зависит от площади поверхности тепло- и массообмена в насыпном материале и, следовательно, от уровня наполнения).

Как предполагается, газ для предварительного просушивания будет протекать, главным образом, в направлении вверх по вертикали через исходный материал, обеспечивая тем самым более однородное предварительное просушивание в исходном материале, перемещающемся через бункер в направлении вниз по вертикали. Полное просушивание и перегрев части исходного материала исключены. Распределительная трубопроводная разводка для горячего сушильного газа не требует внешней теплоизоляции. Тепловые потери передаются в отработанный газ для предварительного просушивания, выходящий из бункера и балансируются регулированием температуры на выходе отработанного газа для предварительного просушивания. Горячий сушильный газ не контактирует ни с корпусом бункера, ни с разгрузочным конвейером выгрузного манипулятора, которые большей частью являются предохраняемыми влажным или предварительно просушенным исходным материалом от воздействия существенно более высоких температурных уровней.

Количество вертикальных трубок 40 для впуска горячего сушильного газа и площадь их внутреннего поперечного сечения, обуславливающая скорость сушильного газа на выходе из трубок, могут определяться, например, на основе гидродинамических расчетов или моделирования.

В варианте конструктивного выполнения на фиг. 1 газовые трубки 40 представляют собой простые прямые трубки круглого поперечного сечения с двумя открытыми концами: нижний конец 40.1 задает выпускное отверстие, а верхний конец 40.2 соединен с кольцевым газопроводом 38, задающим устройство подвода горячего сушильного газа.

На фиг. 3 показан эскиз устройства 38' для впуска горячего сушильного газа. Кольцевой газопровод 38' аналогичен таковому на фиг. 1. В данном случае газовые трубки 40' заданы, в целом, как выполненные в форме усеченного конуса трубки. Как можно видеть, трубка 40' имеет переходной профиль - от круглого или квадратного входного поперечного сечения на ее верхнем конце 40.2' к щелевидному выходному поперечному сечению на ее нижнем конце 40.1', причем трубка 40' упирается в направлении вниз. Преимущество такой конфигурации заключается в том, что газ для предварительного просушивания распространяется по большей кольцевой поверхности в форме диска для распределения газа, чем можно ожидать от нижних секций трубок круглого поперечного сечения.

В некоторых случаях, а именно, если распределение (материала) по гранулометрическому составу не известно или если нельзя рассчитывать на то, что оно будет оставаться неизменным в течение эксплуатационного срока службы сушильного бункера, предпочтительным является включение в каждую вертикальную газовую трубку приспособления для регулирования выходной скорости выходящего из трубки горячего сушильного газа. Возможная конструкция такого приспособления проиллюстрирована на фиг. 4. (На фигуре) можно распознать кольцевой газопровод 38" и прямую вертикальную трубку 40" с ее верхним концом 40.2", присоединенным к газопроводу 38" и нижним выпускным концом 40.1". В своей нижней части трубка 40" имеет внутреннее кольцевое утолщение 50 с конической поверхностью 52, развернутой в направлении вверх (т.е. вверх по потоку). Дросселирующий элемент 54 с конической боковой поверхностью 56 взаимодействует с поверхностью 52 утолщения, задавая кольцевой проход 58 для сушильного газа. Дросселирующий элемент 54 является аксиально перемещаемым в трубке 40" по отношению к утолщению, обеспечивая тем самым изменение ширины кольцевого прохода 58 и, таким образом, регулирование выходной скорости, а в результате и радиус распределения горячего сушильного газа, выбрасываемого из выпускного отверстия 40.1" в трубке. Аксиальное/продольное перемещение дросселирующего элемента 54 может вызываться, например, с помощью штока 60, представленного на фиг. 4 пунктирной линией, простирающегося через трубку 40" и кольцевой газопровод 38", через верхнюю часть бункера и сквозь крышу 18. Шток 60 может быть связан с исполнительным элементом 52, расположенным за пределами бункера.

Необходимо отметить, что исходный материал, засыпанный в бункер и сходящий вниз, может создавать большие нагрузки, прежде всего на вертикальные трубки 40 для выпуска горячего газа. Поэтому трубки 40 могут быть армированы радиально расположенными ребрами жесткости и/или стабилизированы с помощью распорок с использованием, например, оттяжных и прижимных стержней соответствующей формы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

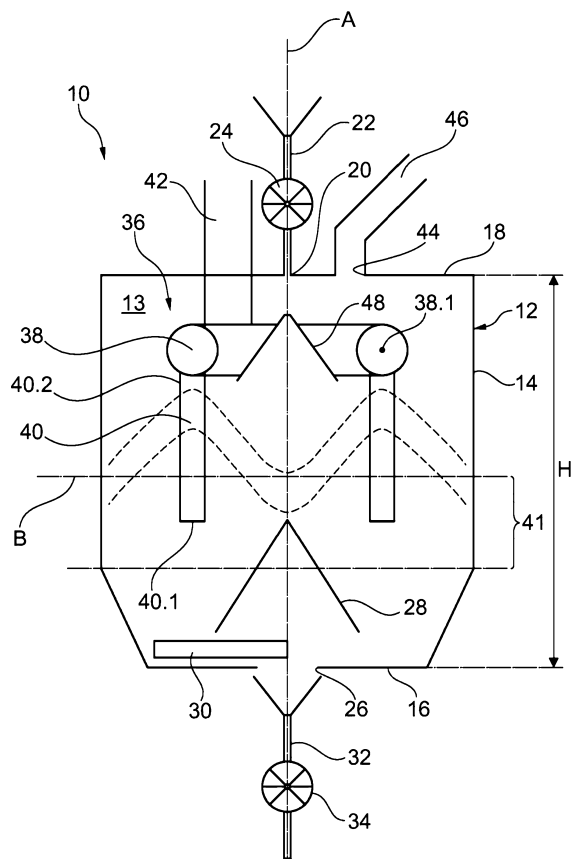
1. Сушильный бункер для просушивания гранулированного материала, включающий в себя корпус (12) бункера, задающий напорную камеру (13) для гранулированного материала и имеющий верхнюю часть и нижнюю часть;
входное отверстие (20) материала для гранулированного материала, расположенное в верхней части;
выходной порт (26) материала в нижней части;
средства (36) для выпуска горячего сушильного газа в корпус бункера; и
выпускное отверстие газа, расположенное в верхней части,
отличающийся тем, что средства (36) для выпуска горячего сушильного газа включают в себя несколько газовых трубок (40), расположенных простирающимися, по существу, вертикально в верхней части и простирающимися вниз до зоны от 25 до 50% по высоте (H) корпуса, причем каждая газовая трубка имеет выпускное отверстие (40.1) газа на её нижнем конце и соединена на её верхнем конце (40.2) с кольцевым газопроводом (38), имеющим газовое отверстие для приема потока сушильного газа, причем газовые трубки распределены по кольцевому газопроводу.
2. Сушильный бункер по п.1, причем газовые трубки (40) расположены на воображаемой окружности (38.1) с диаметром от 0,45 до 0,75, более предпочтительно от 0,50 до 0,65, внутреннего диаметра корпуса.
3. Сушильный бункер по п.1 или 2, причем кольцевой газопровод (38) расположен внутри корпуса в его верхней части.
4. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем с кольцевым газопроводом соединены по меньшей мере четыре газовые трубки, предпочтительно равноотстоящие друг от друга.
5. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем входное отверстие (20) материала расположено по центру в крыше корпуса бункера.
6. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем входное отверстие (20) материала включает в себя сопло.
7. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем ниже входного отверстия материала расположен распределительный элемент (48) материала, прежде всего конус-распределитель, для разбрасывания гранулированного материала.
8. Сушильный бункер по п.7, причем кольцевой газопровод (38) и распределительный элемент (48) расположены концентрично, предпочтительно примерно на одной высоте.
9. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем корпус (12) имеет, по существу, плоскую донную стенку (16), в которой, предпочтительно, по центру расположен выходной порт (26) материала.
10. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем на удалении от донной стенки (16) корпуса расположен отклоняющий элемент (28), расположенный так, чтобы закрывать выходное отверстие (26) материала.
11. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, включающий в себя собирающее средство (30), расположенное в донной части, чтобы принудительно направлять гранулированный материал в сторону выходного отверстия (26) материала.
12. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем газовые трубки (40') имеют расширяющуюся вниз нижнюю часть.
13. Сушильный бункер по п.12, причем газовые трубки (40') заданы как выполненные в форме усеченного конуса трубки, причем узкий конец соединен с кольцевым газопроводом, а газовая трубка на ее выходном порту подает пластину газа.
14. Сушильный бункер по одному из предшествующих пунктов, причем нижняя часть газовой трубки (40") оборудована дросселирующим средством (54) для адаптивного регулирования выходной скорости выходящего из трубки горячего сушильного газа.
15. Применение сушильного бункера по одному из предшествующих пунктов в размольно-сушильном комплексе, прежде всего для угля или шлака.
16. Размольно-сушильный комплекс для получения тонкоизмельченного сухого материала из крупнокускового материала, причем размольно-сушильный комплекс включает в себя источник (120) нагретого сушильного газа для обеспечения нагретого сушильного газа с заданной температурой;
оборудование (130) тонкого помола для тонкого помола и просушивания крупнокускового материала для получения тонкоизмельченного сухого материала;

сушильный бункер (120) по одному из пп.1-14, предусмотренный выше по потоку от оборудования тонкого помола, для просушивания крупнокускового материала;

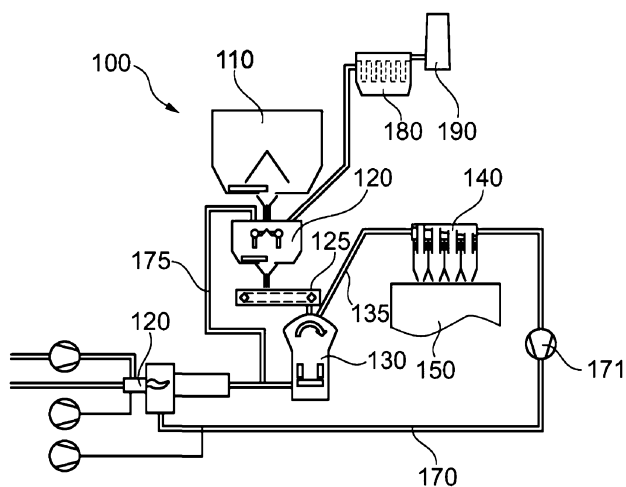
транспортировочные приспособления (125) для транспортировки крупнокускового материала из сушильного бункера в оборудование тонкого помола;

трубопроводы (175) для подачи нагретого сушильного газа в оборудование тонкого помола и сушильный бункер; и

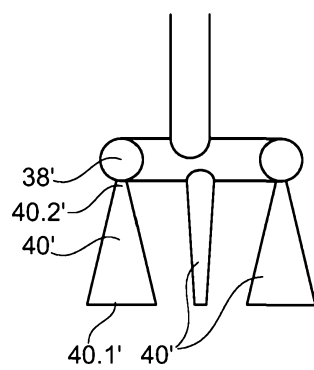
сепаратор (140), расположенный ниже по потоку от оборудования тонкого помола, для сбора и сепарации тонкоизмельченного сухого материала из сушильного газа.



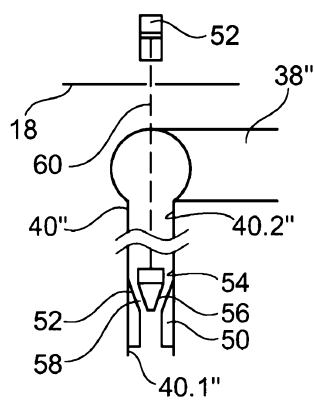
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2