

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036141**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.10.02**

(21) Номер заявки  
**201692499**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.12.28**

(51) Int. Cl. **B24B 57/00** (2006.01)  
**F26B 3/10** (2006.01)  
**F26B 17/18** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ РЕЦИКЛИНГА АБРАЗИВА ИЗ РЕЖУЩЕГО ШЛАМА ОТ РЕЗКИ СТРУЕЙ ВОДЫ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭТОГО СПОСОБА**

---

(31) **PV2015-961**

(32) **2015.12.31**

(33) **CZ**

(43) **2017.07.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПТВ, СПОЛ С.Р.О. (CZ)**

(56) **WO-A1-2007042905**  
**WO-A1-2006137098**  
**SU-A1-897491**  
**EP-A1-1418001**  
**US-A1-20080155904**

(72) Изобретатель:  
**Местанек Йири, Покорни Павел, Кала  
Даниэль (CZ)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

---

(57) Установка для рециклинга является непрерывно управляемым процессом переработки и сушки отсортированных абразивов, при котором происходит регулирование дозировки абразива на основании температуры в сушильной печи. Система управления непрерывно оценивает текущую температуру и, основываясь на этих данных, принимает решение о включении или выключении нагревательных элементов и о том, включить или отключить дозирование абразива, управление которым осуществляется на основе гистерезиса температуры и изменения интенсивности дозирования абразива, которая обусловлена переключением нагревательных элементов и переключением дозирования.

**036141**

**B1**

**036141**  
**B1**

### Область техники

Установка, предназначенная для рециклинга абразива непосредственно на территории пользователя гидроабразивной струйной резки.

### Уровень техники

Инновационная технология резки струей воды под высоким давлением уже в течение нескольких десятилетий постоянно развивается, улучшается, совершенствуется и выходит на высокий уровень. Можно сказать, что она становится вполне обычной и часто используемой технологией в различных отраслях промышленности. Технология резки струей воды под высоким давлением на "CNC" (металлообрабатывающих и формовочных) машинах требует большое количество абразива, который относительно дорог и ввозится в Чешскую Республику из-за границы, преимущественно из Австралии и Индии. Расходы на приобретение абразива составляют до 50% расходов на эксплуатацию "CNC" машины.

Абразивный материал используется при струйно-абразивной резке (AWJ). Эти маленькие частички поступают в режущую головку, где в смесительной камере их уносит струя воды. Эта смесь воды и абразивного материала затем падает на материал и режет его. Вода передает абразиву часть своей кинетической энергии и повышает, таким образом, эффективность всего процесса. Поэтому "AWJ" используется прежде всего при отделении твердых материалов. Абразив имеет влияние на производительность резки и качество обрабатываемой поверхности. Они определяются размером и формой зерна, химическим составом и массой потока. Выбор абразивного материала определяется также твердостью разрезаемого материала. Однако, на него влияет также важный фактор, а именно - стоимость. Выбор абразивного материала имеет большое влияние на окружающую среду и связанный с этим последующий процесс рециклинга. Из публикаций известно, что такие абразивные материалы как гранатовые и кремниевые пески не подходят для процесса рециклинга (KRAJNÝ, Zdenko. Vodný lúč v praxi - WJM. Bratislava: 1998. ISBN 80-8057-091-4).

При отделении использованный абразив вместе с загрязненной водой и отходами материала остается в рабочем столе. Отсюда вопрос, что делать с отработанным абразивом, который в этом состоянии невозможно уже дальше использовать. Его приходилось ликвидировать как отходы.

Фирма "AQUAdem" разработала устройство "AQUArec PRO", при помощи которого можно провести рециклинг абразива. Поэтому использованный абразивный материал, который прошел весь процесс резки, мог после применения опять вернуться в процесс. Установлено, что абразивный материал, проходящий процесс рециклинга, не теряет свои качества, т.е. не затупляется. Загрязненная вода и абразивный материал отсасываются из стола для резки пневматическим насосом, поступают в ротационный сепаратор, где вода отделяется от абразива. Загрязненная вода возвращается назад в стол для резки, где она размывает осадочный абразив, чтобы он лучше откачивался. Отделенный абразив падает в печь, где полностью высушивается при высокой температуре. Сепаратор затем абразивный материал рассортирует и тот после этого в чистом виде падает обратно в резервуар/емкость.

Способ, применяемый до сих пор, не управляется, весь процесс протекает случайно, в результате чего процесс рециклинга имеет очень низкую продуктивность и отсюда высокую энергоемкость на единицу массы. Настоящую установку описывает, например, полезный образец CZ21487.

Другую установку, которая регенерирует абразив, производит общество с ограниченной ответственностью "PTV spol. s.r.o." Рециклинг использованного абразива, поступающего из процесса гидроабразивного отделения материалов, также осуществляется при помощи собственного источника тепла - электрическим нагревом.

Снабжение смесью, предназначенной для рециклинга, обеспечивается из внешнего источника (она хранится, например, в крупногабаритных мешках - накопителях) или из стола для резки при помощи откачивающей головки.

Установка снабжена самостоятельным источником тепла, независимым от окружающего оборудования, которым являются электрические нагревательные элементы, помещенные в сушильной печи. В процессе сушки регенерируемый продукт поднимается в сушильной печи под воздействием струи воздуха из сушильной воздуховодки. Воздух, поступающий в воздуховодку, предварительно подогревается до более высокой температуры при прохождении через пространство между кожухами сушильной печи - таким образом используется также часть тепла печи от переработки отходов. Мокрая сортировка происходит на входе в сушильную печь (главный вибрационный сепаратор - удаление мелких отходов). Сухая сортировка происходит на выходе из сушильной печи (вибрационный сепаратор на выходе - грубые отходы). Сухой отсортированный регенерируемый продукт ссыпается после этого в резервуар/емкость или мешок.

Установка имеет относительно высокую производительность: 50-80 кг регенерируемого продукта в час. Однако важным недостатком является то, что установка требует постоянного обслуживания. Установка не имеет оптимизированную систему дозировки абразива, подача абразива на основании визуального контроля, но с запаздывающей транспортировкой, прерывается вручную, чтобы печь не переполнялась мокрым абразивом. Абразив необходимо вручную (механически) разгребать, чтобы он не спекался в большие куски, которые сформируются в один большой кусок и создадут "корпус", который необходимо механически разбить. Под влиянием высокой температуры происходит также спекание абра-

зива на нагревательных элементах, которые сразу перегорают и, таким образом, окончательно выходят из строя, поскольку применяемый абразив всегда содержит высокую долю остатков разрезаемых материалов, таких как, например, пластмассы. Перегорание нагревательных элементов наблюдается примерно каждую вторую рабочую смену. Обычной практикой является, что установка обслуживается постоянно персоналом в количестве до двух человек.

В результате необходимости обогрева при помощи нагревательных элементов агрегат для рециклинга имеет высокую мощность эл. энергии 19 кВт. Потребление при максимальной мощности приближается к установленной потребляемой мощности. Расход воздуха под давлением составляет 2500-3500 литров в час при давлении 6 бар, расход чистой воды - 250-350 л/ч. Смесь на входе укладывается в резервуар шнекового транспортера и с его помощью непрерывно подается на круговой сепаратор, где при помощи промывки ополаскивающей водой из смеси устраняется подситная фракция (очень мелкий материал). Из кругового сепаратора уже просеянный регенерируемый продукт транспортируется в сушильную печь, где происходит его сушка при помощи электрических нагревательных элементов с одновременной аэрацией воздухом под давлением, поступающим из сушильной воздуходувки. Скорость поступления мокрого абразива невозможно своевременно регулировать и он значительно запаздывает, что приводит к накоплению в печи намного большего количества абразива, чем можно высушить, и абразив необходимо перемешивать вручную.

Производительность составляет 50-75 кг сухого регенерируемого продукта в час в зависимости от качества смеси на входе (содержания подходящих абразивных частиц в смеси).

Установка имеет высокое потребление эл. энергии: 23,14 кВт на обогрев нагревательных элементов, 3×400 В/50 Гц, расход чистой воды составляет 10-50 л/ч.

### **Сущность изобретения**

Вышеуказанные недостатки процесса высушивания/рециклинга можно преодолеть при помощи новой системы рециклинга и высушивания абразива.

Прежде всего, разработан новый способ сушки абразива, полученного при помощи рециклинга, который можно подвергать рециклингу отдельно или как составную часть всей системы рециклинга. Система для рециклинга может содержать систему для удаления шлама с сепаратором, где суспензия абразивного песка, шлама и воды откачивается из стола для резки при помощи устройства для удаления шлама. Материал отделяется от крупных частиц, например, при помощи системы для удаления шлама. В устройстве для удаления шлама установлен дополнительно вибрационный сепаратор, который обеспечивает сортировку суспензии на две фракции: подситные отходы (меньше чем 0,1 мм) и надситный материал (больше чем 0,1 мм), предназначенный для дальнейшего использования - регенерируемый продукт. Отходы вместе с водой собираются в крупногабаритный мешок, где происходит обезвоживание. Эта вода возвращается назад в стол для резки, а мелкие отходы - шлам остаются в мешке и предназначены для ликвидации.

Производительность установки зависит непосредственно от влажности высушиваемого регенерируемого продукта и температуры входящего воздуха. Поэтому рекомендуется мокрый регенерируемый продукт после сортировки и просеивания уложить в крупногабаритные мешки - накопители и оставить их отстояться как минимум в течение 3-5 дней при температуре выше чем 5°C в сухой среде, чтобы произошло вытеснение избыточной воды. Это можно сделать, например, под навесом на воздухе.

После процесса гидроабразивной резки материалов под высоким давлением применяемый абразив вместе с микроскопическими частицами и более крупными отрезанными кусками разрезаемого материала называется "режущим шламом", он оседает в уловителе стола для резки, на котором помещается разрезаемый материал.

Цикл рециклинга делится на два процесса, независимых друг от друга во времени. Процесс сортировки режущего шлама (IV и V) и процесс сушки применяемого абразива (I-III).

Процесс сортировки режущего шлама (фиг. 4 и 5) происходит следующим образом:

Из уловителя стола для резки режущий шлам при помощи насосного агрегата для удаления шлама или другого механического способа, обеспечивающего транспортировку смеси, например, шнекового, стального ленточного конвейера и т.п. транспортируется в устройство для сортировки, которое состоит из вибрационного сепаратора со стальными ситами или ситами из другого материала с размером ячеек, соответствующим требованию в зависимости от того, какой размер фракции абразива мы собираем из режущего шлама извлечь. Устройство для сортировки сортирует режущий шлам на следующие группы:

- а) абразив, который далее применим и предназначен для резки;
- б) механические частицы, крупнее по размеру чем далее применяемый абразив;
- в) механические частицы, меньшие по размеру чем далее применяемый абразив;
- г) загрязненная вода.

Этот процесс не является энергоемким и протекает преимущественно вместе с процессом самой гидроабразивной резки под высоким давлением. Фракция абразива, применяемого и в дальнейшем, транспортируется из установки для сортировки в водонепроницаемую упаковку, предпочтительно в текстильный мешок-накопитель, так наз. "big bag". Эта упаковка, наполненная мокрым абразивом, подвешивается предпочтительно на воздухе, в течение 1-5 дней, чтобы удалить воду, или чтобы откапала из-

быточная вода.

После получения достаточного количества, предпочтительно 1 т, фракции мокрого, вновь применимого абразива из устройства для сортировки, можно начать процесс сушки этой фракции.

Отсортированный и просеянный регенерируемый продукт укладывается в резервуар для мокрого абразива, он непрерывно транспортируется шнековым конвейером в сушильную печь. Шнековый конвейер дозирует регулируемым способом из резервуара регенерируемый мокрый абразив в соответствии с мощностью сушильной печи и влажностью абразива таким образом, чтобы температура в печи поддерживалась приблизительно в диапазоне температур от 130 до 180°C.

Сушильная линия включает резервуар для мокрого абразива, который через шнековый конвейер соединен с сушильной печью, воздухоподогреватель, отсасывающее, установку для тонкой пыли, сепаратор и резервуар для сухого отсортированного регенерируемого продукта и резервуар для грубых отходов.

В сушильной печи находятся нагревательные элементы, подвод воздуха из воздухоподогревателя, датчик давления, датчики температуры, вывод сухого регенерируемого продукта и вывод в отсасывающее устройство для тонкой пыли, в котором происходит отделение пылевидных частиц и чистого воздуха.

Сушильная печь аэрируется предварительно подогретым воздухом, который приводится из воздухоподогревателя и поддерживает абразив во взвешенном состоянии и, таким образом, ускоряет процесс сушки. Тот же воздушный поток транспортирует высушенные зерна абразива через вывод для сухого регенерируемого продукта в сепаратор на выходе, из которого высушенный абразив падает через сито в резервуар. В случае наличия более крупных зерен, образовавшихся в сушильной печи за счет влияния высокой температуры, которая может вызвать "запек" нескольких зерен высушиваемого материала, которые не пройдут через сито, они передаются в малый резервуар, предназначенный для отходов. К сушильной печи рекомендуется присоединить отсасывающую установку для тонкой пыли, которая отсасывает остаточную пылевую составляющую, содержащуюся в отсортированном абразиве и, таким образом, обеспечивает безпыльную эксплуатацию сушильного устройства. Резервуар для мокрого регенерируемого продукта оборудован рыхлителем свода и отводами воды для стока вытесняемой загрязненной воды.

Первоначальным принципом управления сушильной линией является регулирование дозирования абразива в зависимости от температуры в сушильной печи, которую рекомендуется поддерживать в диапазоне от 130 до 180°C. Температура в печи уменьшается при добавлении мокрого абразива и повышается при включении нагревательных элементов, причем скорость дозирования абразива корректируется в зависимости от понижения или повышения температуры в печи. Если температура в печи высокая, дозировка увеличивается и наоборот, если температура в печи низкая, дозировка уменьшается и система выжидает до тех пор, пока абразив в печи не досушится.

В начале процесса сушки после первого включения нагревательных элементов запускается система настройки, которая фиксирует настоящую температуру в печи, измеренную температурным датчиком и в зависимости от нее корректирует число оборотов шнекового конвейера и, тем самым, интенсивность дозирования. Если температура в печи превысила установленный предел, нагревательные элементы выключаются и интенсивность дозирования увеличивается на установленный шаг. Если температура в печи опустится ниже установленного лимита, произойдет отключение дозирования и интенсивность дозирования понизится на установленный шаг с учетом настоящего количества дозы, после повторного повышения температуры выше требуемого значения, дозировка опять включится.

За счет того, что система начинает настраиваться только после первого отключения нагревательных элементов, исключается переходный процесс, когда температура в печи поднимается до высокой температуры также при дозировке очень мокрого абразива (из за присутствия старого высушенного абразива). Без этого шага система бы повысила очень скоро интенсивность дозирования.

3. При следующем отключении нагревательных элементов или отключении дозирования система корректирует последующую интенсивность дозирования на основании последнего произведенного изменения:

Корректировка дозы	Настоящее событие	
Последнее событие	Отключение нагревательных элементов	Отключение дозирования
Отключение нагревательных элементов	+ установленный шаг	- последнее изменение / 2
Отключение дозирования	+ последнее изменение / 2	- установленный шаг

Например,

### 3.1. Если произойдет

в шаге а) при отключении нагревательных элементов за счет повышения температуры дозировка увеличится на установленный % шага,

в шаге б) при следующем отключении нагревательных элементов за счет повышения температуры, дозировка увеличится на установленный % шага последней дозировки.

### 3.2. Если произойдет

в шаге а) при отключении нагревательных элементов за счет повышения температуры, дозировка увеличится на установленный % шага последней дозировки,

однако в шаге б) при отключении дозировки за счет понижения температуры дозировка уменьшится на половину установленного % шага дозировки в а).

Рекомендуется, чтобы установленный шаг составлял 5%.

4. Поскольку при повторном делении значения изменения эта величина постепенно приближается к нулю, установлен предел, ниже которого эта величина считается незначимой. Если система окажется в ситуации, когда следует произвести корректировку интенсивности дозировки на это незначимое изменение, будет произведен рестарт всего процесса настройки при помощи изменения на полный установленный шаг и перехода к шагу 3.

Первоначальным принципом управления сушильной линии является регулирование дозировки абразива в зависимости от температуры сушильной печи. Система управления постоянно определяет текущую температуру и на основании этого значения принимает решение относительно включения или выключения нагревательных элементов - управляются на основании гистерезиса температуры включения или выключения дозировки абразива - управляется на основании гистерезиса температуры изменения интенсивности дозировки абразива - обусловлено включением нагревательных элементов и дозировки.

Установка управляется программируемым автоматом, который обеспечивает постоянную эксплуатацию и минимализирует потребность в обслуживающем персонале во время эксплуатации.

На основании результатов тестов настройки управления процессом сушки к настоящему времени была достигнута средняя мощность 101,4 кг/ч. Причем в начале процесса сушки абразив в резервуаре содержит большую долю воды, чем в конце сушки, т.к. также резервуар имеет собственную обезвоживающую систему и вода вытесняется из неподвижного абразива.

Сушильное устройство абразива работает без обслуживающего персонала и на выходе получаем высушенный абразив, который сразу пригоден для употребления для гидроабразивной резки или для хранения с целью использования в дальнейшем.

Условия для хранения абразива, полученного при помощи рециклинга, являются такими же, как и для нового, не использованного абразива.

Сам процесс сушки происходит в сушильной печи, которая может работать самостоятельно, или как составная часть сушильного устройства, или всего сушильного устройства для регенерируемого продукта.

Обслуживание сушильного агрегата является нерегулярным - имеет смысл в начале процесса сушки, если в резервуаре шнекового конвейера имеется достаточный запас мокрого регенерируемого продукта. Из этого вытекает, что можно совместить обслуживающий персонал этого устройства с обслуживающим персоналом стола для резки, поскольку сушильный агрегат не нуждается в постоянном присмотре и даже в том случае, когда резервуар переполнен мокрым отсортированным продуктом рециклинга из экстренного источника. Все управление устройством спланировано в автоматическом режиме с сигнализацией в случае эксплуатационных, предельных и аварийных состояний.

Так что обслуживающий персонал только забирает крупногабаритный мешок-накопитель с сухим продуктом рециклинга и надевает новый, пустой мешок под сепаратором на выходе. В случае снабжения продуктом рециклинга из экстренного источника обслуживающий персонал одновременно с обменом крупногабаритных мешков-накопителей наполняет резервуар шнекового конвейера мокрым регенерируемым продуктом. В зависимости от местных условий эта операция не должна занимать более чем 5-15 мин.

Процесс управления применяется в рабочем цикле IV и V-сортировка режущих шламов, где точно дозируется количество этих шламов в вибрационном сепараторе, а также в последующем процессе сушки III, когда абразив точно дозируется в сушильной печи таким образом, чтобы была достигнута максимальная эффективность сушки, т.е. минимализирована затрата энергии на единицу массы абразива. При помощи этого метода повышается продуктивность приведенного типа агрегата для рециклинга и значительно уменьшаются расходы на единицу массы абразива, полученного при помощи рециклинга. Это позволит применять агрегаты для рециклинга также у потребителей, которые имеют относительно небольшой годовой расход абразива. Это также полностью опровергает распространенное мнение, что рециклинг абразива экономически невыгоден. В конечном счете произойдет значительное уменьшение образования отходов, образующихся при работе машин, работающих с водной струей под высоким давлением.

Процесс управления позволяет значительно ускорить процесс рециклинга и экстремально понизить энергетические требования на единицу массы, а именно на 300-400% по сравнению с настоящим состоянием. К настоящему времени была достигнута мощность сушки от 0,4 до 3,5 кг абразива за минуту.

#### Список фигур

- Фиг. 1 - визуализация сушильной линии, вид сбоку, сечение,
- фиг. 2 - визуализация сушильной линии, вид спереди, сечение,
- фиг. 3 - схематический чертеж сушильной линии,

- фиг. 4 - схематический чертеж системы для удаления шлама,  
 фиг. 5 - схематический чертеж сортировки,  
 фиг. 6 - таблица мощности сушильной линии,  
 фиг. 7 - график мощности сушильной линии,  
 фиг. 8 - график хода температуры в сушильной печи в зависимости от времени эксплуатации.

#### Примеры реализации изобретения

Пример 1. Процесс сортировки режущего шлама (фиг. 4 и 5) осуществляется следующим образом:

Из уловителя 13 стола для резки режущий шлам Н при помощи насосного агрегата в системе 14 для удаления шлама транспортируется в сортировочное устройство 15, которое состоит из вибрационного сепаратора 16 со стальными ситами или ситами из другого материала с соответствующим размером ячеек в зависимости от требования, фракцию какого размера абразива мы собираемся получить. Сортировочное устройство 15 разделит режущий шлам Н на следующие группы:

- а) абразив, который далее применим для процесса резки,
- б) механические частицы, крупнее по размеру, чем частицы далее применяемого абразива,
- в) механические частицы меньше по размеру, чем частицы далее применяемого абразива,
- г) загрязненная, мутная вода.

Этот процесс является энергетически нетрудоемким и, в основном, проводится одновременно с процессом самой гидроабразивной резки под высоким давлением. Фракция абразива А, примененного и дальше, транспортируется из устройства 15 для сортировки в соответствующий резервуар, например в текстильный "big-bag", остальные фракции транспортируются в другие резервуары в соответствии с планированием их дальнейшей обработки (например материал с малыми частицами применим и для других целей, чем гидроабразивная резка), или рассматриваются только как отходы.

После получения достаточного количества, предпочтительно 1 т, фракции мокрого, дальше примененного абразива А из устройства 15 для сортировки можно начать процесс сушки этой фракции.

Пример 2. Сушильное устройство регенерируемого продукта в статическом состоянии

Сушильное устройство включает резервуар 1 для мокрого абразива, который через шнековый конвейер 3 соединен с сушильной печью 4, воздухоподувку 7, отсасывающую установку 13 для тонкой пыли, вибрационный сепаратор 8 и накопительный резервуар 9 для сухого отсортированного регенерируемого продукта С и резервуар 10 для грубых отходов D.

В сушильную печь 4 выходил шнековый конвейер 3, сушильная печь 4 содержала нагревательные элементы 6, подвод 7 воздуха из воздухоподувки, датчик 11 давления, датчики 5 температуры, вывод для сухого регенерируемого продукта и вывод в отсасывающую установку 13 для тонкой пыли, в которой происходит отделение тонкой пыли G и чистого воздуха E.

Сушильная печь 4 аэрировалась предварительно подогретым воздухом E, который поступал из воздухоподувки 7 и поддерживал абразив А во взвешенном состоянии и, таким образом, ускорял процесс сушки. Тот же воздушный поток E транспортировал зерна высушенного отсортированного регенерируемого абразива С через вывод В для сухого регенерируемого абразива из сушильной печи 4 в выходной вибрационный сепаратор 8, из которого высушенный абразивный материал проходил через сито и падал в накопительный резервуар 9, который представлял собой "big bag" на 1000 кг. В случае наличия больших зерен D, образовавшихся в сушильной печи 4 за счет влияния высокой температуры, которая может вызвать "запек" нескольких зерен высушиваемого материала, они передавались в малый резервуар 10, предназначенный для отходов. К сушильной печи 4 была также присоединена отсасывающая установка 13 для тонкой пыли, которая отсасывала остаточную пылевую составляющую G, содержащуюся в отсортированном регенерированном абразиве и, таким образом, обеспечивала безпыльную эксплуатацию сушильного устройства. Резервуар 1 для отсортированного регенерируемого продукта был снабжен рыхлителем свода 2 и отводами воды 12 для стока вытесняемой сточной воды F.

Пример 3. Процесс сушки в сушильном устройстве для регенерируемого продукта.

Резервуар мокрого абразива 1 был наполнен регенерируемым абразивом, алмандиновым гранатом из Австралии, масса 1000 кг, размер ячеек 150-300  $\mu\text{m}$ , 80 MESH.

1) В эксплуатацию была введена линия, а именно воздухоподувка 7 печи 4, транспортная воздухоподувка, выходной вибрационный сепаратор 8 и нагревательные элементы 5. Система ждала, когда будет достигнута начальная температура эксплуатации, ее значение было установлено на 150°C. После того, как температура была достигнута, началась дозировка абразива с минимальной установленной интенсивностью, которая составляла 0,4 кг в минуту. После достижения температуры 160°C нагревательные элементы выключились. При введении первых доз абразива температура в печи понижалась, при уменьшении температуры на 155°C нагревательные элементы вновь включились и при следующем уменьшении на 140°C остановилась дозировка абразива. Температура понизилась на 138°C. Во время аэрации и подогрева абразив постепенно сушился и температура в печи начала повышаться в течение следующих 5 мин опять до 170°C. Как только была достигнута температура 150°C, опять началась дозировка абразива. После достижения температуры опять 160°C нагревательные элементы опять выключились.

2) После первого выключения нагревательных элементов управление системы начало фазу настройки, при которой корректируется число оборотов шнекового конвейера 3 и, тем самым, интенсив-

ность дозировки. Если температура в печи превышала установленный предел 160°C, нагревательные элементы выключались и интенсивность дозировки уменьшалась на установленный шаг 5%. Как только температура в печи опускалась ниже установленного лимита 140°C, происходило отключение дозировки и интенсивность дозировки понижалась на установленные 5% из настоящего количества дозы, после повышения температуры на 150°C дозировка опять включалась.

За счет того, что система начинала настраиваться только после первого отключения нагревательных элементов, исключен переходный процесс, когда температура в печи поднимается выше 160°C также при дозировке очень мокрого абразива из за присутствия старого высушенного абразива. Без этого шага система бы повысила интенсивность дозировки очень быстро.

3) При следующем отключении нагревательных элементов или отключении дозировки система откорректировала интенсивность дозировки следующим образом на основании последнего произведенного изменения:

Корректировка дозы	Настоящее событие	
Последнее событие	Отключение элементов	Отключение дозировки
Отключение элементов	+ установленный шаг	- последнее изменение/2
Отключение дозировки	+ последнее изменение/2	- установленный шаг

Конкретно произошло:

в шаге а) отключение нагревательных элементов за счет повышения температуры выше 160°C, дозировка увеличится на 5% шага на 30,6 кг/ч,

и в шаге б) следующее отключение нагревательных элементов за счет повышения температуры выше 160°C, дозировка увеличится на 5% значения шага в а) на 31,9 кг/ч,

в шаге в) отключение дозировки за счет понижения температуры, последнее повышение в шаге б) уменьшится на половину до 31,1 кг/ч,

в шаге г) следующее отключение дозировки за счет понижения температуры, дозировка уменьшилась на 5% последней дозировки до 29,6 кг/ч.

В общем, система была настроена следующим образом:

Если нагревательные элементы отключатся, дозировка увеличится на 5%, в следующем шаге произойдет следующее выключение нагревательных элементов, дозировка увеличится на 5% значения шага а).

Или если нагревательные элементы отключатся за счет повышения температуры, дозировка увеличится на 5% последнего значения, в следующем шаге произойдет выключение дозировки за счет уменьшения температуры, дозировка уменьшится на половину 5% значения предыдущего шага.

4. Поскольку при повторном делении значения изменения эта величина постепенно приближалась к нулю, установлен предел (0,5%), ниже которого это изменение было незначимым. В тот момент, когда система оказалась в ситуации, что следовало произвести корректировку интенсивности дозировки на это незначимое изменение, рестарт всего процесса настройки осуществил изменение на полный установленный шаг 5%.

#### Описание управления сушильной линии

Первоначальным принципом управления сушильной линии является регулирование дозировки абразива в зависимости от температуры в сушильной печи. Система управления постоянно определяет текущую температуру и на основании этого значения принимает решение относительно

включения или выключения нагревательных элементов - управляются на основании гистерезиса температуры;

включения или выключения дозировки абразива - управляется на основании гистерезиса температуры;

изменение интенсивности дозировки абразива - обусловлено включением нагревательных элементов и дозировки.

Пример 4.

Из стола для резки 20 режущий шлам Н перекачивался к плоскому вибрационному сепаратору 16, который сепарировал мокрый абразив 80 MESH от меньших и больших частиц. Этот мокрый абразив А из сепаратора 16 мокрый абразив 20 падал в текстильный мешок 17, так наз. "big bag". Мешок 17, наполненный мокрым абразивом А, был подвешен на воздухе в течение 3 дней для того, чтобы откапала или вытекла избыточная вода. Содержание мешка было после этого всыпано в резервуар 1 для мокрого регенерируемого абразива А сушильного устройства.

Пример 5.

Из стола для резки 20 режущий шлам Н перемещался в резервуар 18 для режущего шлама Н. После наполнения резервуара 18 для режущего шлама режущий шлам Н транспортировался шнековым конвейером к плоскому вибрационному сепаратору 16, который сепарировал мокрый абразив 50 MESH на подситную фракцию, содержащую воду I и мелкие отходы, и надситную фракцию, содержащую мокрый отсортированный абразив А. Мокрый отсортированный абразив А транспортировался в резервуар 17 и вода I с мелкими отходами в резервуар 22. Содержание резервуара 17, которым являлся мокрый отсорти-

рованный абразив А, было всыпано в резервуар 1 для мокрого абразива А сушильного устройства регенерируемого продукта.

Пример 6.

Сушильная установка для регенерируемого продукта включала резервуар 1 для мокрого абразива А, который через шнековый конвейер 3 соединен с сушильной печью 4, воздуходувку 7, отсасывающую установку для тонкой пыли 13, вибрационный сепаратор 8 и резервуар 9 для сухого отсортированного регенерируемого продукта С и резервуар 10 для сухих грубых отходов D.

В сушильную печь 4 выходил шнековый конвейер 3, печь содержала нагревательные элементы 6, подвод воздуха из воздуходувки 7, датчик давления 11, температурные датчики 5, вывод для сухого регенерируемого продукта и вывод в отсасывающую установку 13 для тонкой пыли, в которой происходит отделение тонкой пыли G и чистого воздуха E.

Сушильное устройство начало работу, а именно воздуходувка 7 сушильной печи 4, транспортная воздуходувка, выходной вибрационный сепаратор 8 и нагревательные элементы 5. Система ждала, когда будет достигнута начальная температура эксплуатации, установленное значение которой составляло 150°C. После ее достижения началась дозировка абразива А в сушильную печь 4 шнековым конвейером 1 с минимальной заданной интенсивностью, которая составляла 0,4 кг в минуту. После достижения температуры 160°C нагревательные элементы выключались. При введении первых доз абразива температура в печи понижалась, при уменьшении температуры на 155°C нагревательные элементы вновь включались и при следующем уменьшении на 140°C остановилась дозировка абразива. Температура понизилась на 138°C. Во время аэрации и подогрева абразив постепенно сушился и температура в печи начала повышаться в течение следующих 5 мин опять до 170°C. Как только была достигнута температура 150°C, опять началась дозировка абразива. После достижения температуры 160°C нагревательные элементы опять выключались. Сушильная печь аэрировалась предварительно подогретым воздухом E, который поступал из воздуходувки 7, поддерживал абразив А во взвешенном состоянии и, таким образом, ускорял процесс сушки.

После первого выключения нагревательных элементов управление системы начало фазу настройки, при которой корректируется число оборотов шнекового конвейера 3 и, тем самым, интенсивность дозировки. Если температура в печи превысила установленный предел 160°C, нагревательные элементы выключались и интенсивность дозировки повышалась на установленный шаг 5%. Как только температура в печи опускалась ниже установленного лимита 140°C, происходило отключение дозировки и интенсивность дозировки понижалась на установленных 5% из настоящего количества дозы, после повышения температуры на 150°C, дозировка опять включалась.

За счет того, что система начинала настраиваться только после первого отключения нагревательных элементов, исключен переходный процесс, когда температура в печи поднимается выше 160°C также при дозировке очень мокрого материала из за присутствия старого высушенного абразива. Без этого шага система бы повысила очень скоро интенсивность дозировки.

При следующем отключении нагревательных элементов или отключении дозировки система откорректировала интенсивность дозировки следующим образом на основании последнего произведенного изменения:

Корректировка дозы	Настоящее событие	
Последнее событие	Отключение нагревательных элементов	Отключение дозировки
Отключение нагревательных элементов	+ установленный шаг	- последнее изменение / 2
Отключение дозировки	+ последнее изменение / 2	- установленный шаг

Воздушный поток E транспортировал высушенные зерна абразива С через вывод В для сухого регенерируемого продукта из сушильной печи 4 на выходной вибрационный сепаратор 8, из которого высушенный абразив падал через сито в резервуар 9, им являлся big bag на 1000 кг. В случае наличия более крупных зерен D, образовавшихся в сушильной печи 4 за счет влияния высокой температуры, которая может вызвать "запек" нескольких зерен высушиваемого материала, они поступали в малый резервуар 10, предназначенный для отходов. К сушильной печи 4 была также присоединена отсасывающая установка для тонкой пыли 13, которая отсасывала остаточную пылевую составляющую G, содержащуюся в отсортированном абразиве и, таким образом, обеспечивала безпыльную эксплуатацию сушильного устройства. Резервуар 1 был снабжен рыхлителем свода 2 и устройством (12) для отвода воды для стока вытесняемой сточной воды F.

#### Список приведенных обозначений

- А. Мокрый отсортированный регенерируемый продукт
- В. Выход сухого регенерируемого продукта из сушильной печи
- С. Сухой отсортированный регенерируемый продукт

- D. Сухие грубые отходы
- E. Воздух
- F. Сточная вода
- G. Сухие мелкие отходы
- H. Режущий шлам
- I. Вода с мелкими отходами
- J. Чистая вода (ополаскивающая)
- 1. Резервуар для мокрого отсортированного регенерируемого продукта
- 2. Рыхлитель свода
- 3. Шнековый конвейер
- 4. Сушильная печь
- 5. Датчик температуры
- 6. Нагревательные элементы
- 7. Воздуходувка
- 8. Выходной вибрационный сепаратор
- 9. Крупногабаритный мешок - накопитель (Big-Bag) для сухого отсортированного регенерируемого продукта
- 10. Резервуар для сухих грубых отходов
- 11. Датчик давления
- 12. Устройство (12) для отвода воды из резервуара
- 13. Отсасывающая установка для тонкой пыли
- 14. Система для удаления шлама стола для резки
- 15. Сортировочное устройство
- 16. Сепаратор
- 17. Крупногабаритный мешок - накопитель (Big-Bag) для мокрого отсортированного регенерируемого продукта
- 18. Резервуар для режущего шлама
- 19. Шнековый конвейер вертикальный
- 20. Стол для резки
- 21. Насос
- 22. Крупногабаритный мешок - накопитель (Big-Bag) для мелких мокрых отходов

#### **Промышленная применимость**

Гидроабразивная струйная резка, оборудование CNC машин для гидроабразивной резки. Рециклинг абразивных материалов, применяемых для гидроабразивной струйной резки.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Способ рециклинга абразива из режущего шлама от резки струей воды под высоким давлением, отличающийся тем, что режущий шлам транспортируется к вибрационному сепаратору, в котором абразив отделяется от мелких и крупных частиц, укладывается в водонепроницаемый резервуар (17), после того, как избыточная вода вытечет, мокрый отсортированный регенерируемый абразив (А) направляется в резервуар-накопитель (1) отсортированного мокрого регенерируемого абразива, шнековым конвейером (3) транспортируется в сушильную печь (4), которая нагревается с помощью нагревательных элементов (6), продувается нагретым воздухом (Е), температура в печи регулируется выключением и включением нагревательных элементов (6) и скоростью дозирования мокрого отсортированного регенерируемого абразива (А), транспортируемого шнековым конвейером (3), причем нагревательные элементы выключают, если температура в печи (4) превысит 160°C и в то же время производительность дозирования мокрого отсортированного регенерируемого абразива (А) увеличивают на установленный шаг и нагревательные элементы включают, если температура в печи (4) упадет ниже 140°C и одновременно понижают производительность дозирования мокрого отсортированного регенерируемого продукта (А) на установленный шаг, причем установленный шаг составляет 5% актуальной производительности дозирования, зерна высушенного абразива (С) транспортируются через выпуск (В) сухого регенерируемого абразива из сушильной печи (4) на выходной вибрационный сепаратор (8), в котором высушенный абразив (С) проходит через сито, из которого затем транспортируется в накопитель (9) для сухого регенерируемого абразива (С).

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что к сушильной печи (4) была присоединена отсасывающая установка (13) для тонкодисперсной пыли, с помощью которой отсасывается остаточная пыль (G).

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что из резервуара-накопителя (1) была с помощью устройства (12) для отвода воды отведена вытекшая сточная вода F.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что рыхлителем (2) резервуара механически разгребается мокрый отсортированный регенерируемый продукт в резервуаре-накопителе (1).

5. Сушилка регенерируемого материала для рециклинга абразива из режущего шлама от резки стру-

ей воды под высоким давлением, отличающаяся тем, что она состоит из резервуара-накопителя (1) для мокрого абразива (А), который с помощью шнекового конвейера (3) соединен с сушильной печью (4), в которой имеется по меньшей мере один нагревательный элемент (6), по меньшей мере один датчик (5) температуры, и снабжена впуском для подачи чистого воздуха (Е) от сушильной воздуходувки (7), выпуском (В) сухого регенируемого материала (С), который соединен с вибрационным сепаратором (8), а пространство под ситом вибрационного сепаратора (8) соединено с резервуаром/мешком "big-bag" (9) сухого отсортированного регенируемого абразива (С), система управления нагревательными элементами так, что по меньшей мере один нагревательный элемент (6) приводился в выключенное состояние, когда температура в сушильной печи (4) превышает 160°C, и во включенное, когда температура в сушильной печи (4) падает ниже 140°C.

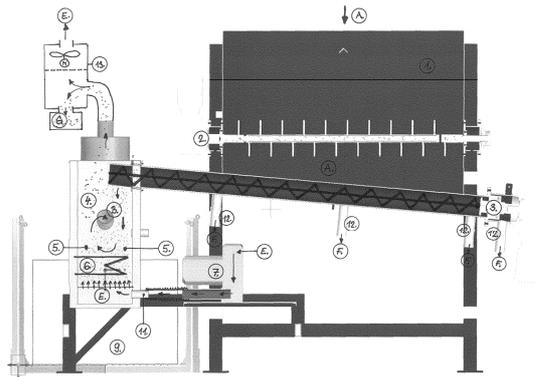
6. Сушилка по п.5, отличающаяся тем, что сушильная печь (4) соединена с установкой (13) для отсасывания мелкой пыли для отделения сухих мелких частиц пыли (G) и чистого воздуха (Е).

7. Сушилка по п.5, отличающаяся тем, что резервуар-накопитель (1) оборудован рыхлителем (2) резервуара для отвода вытекаемой сточной воды F.

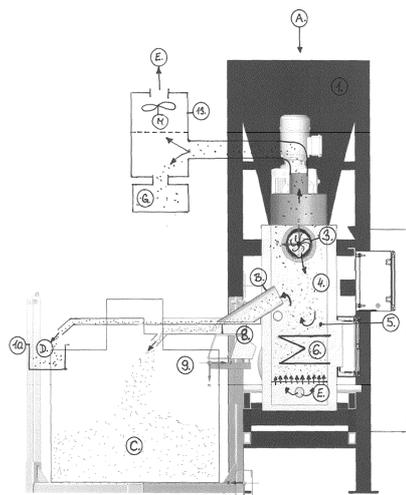
8. Сушилка по п.5, отличающаяся тем, что резервуар-накопитель (1) оборудован устройством (12) для отвода воды.

9. Сушилка по п.5, отличающаяся тем, что пространство над ситом вибрационного сепаратора (8) соединено с резервуаром (10) сухого неотсортированного шлама (D).

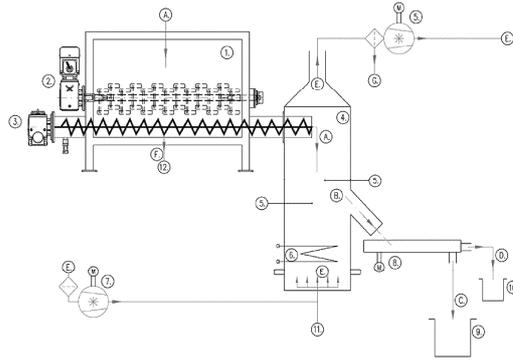
10. Сушилка по п.5, отличающаяся тем, что она содержит плоский вибрационный сепаратор (16), который содержит сито с ячейками 3-4 мм и сито с ячейками 0,5 до 1 мм и устройство впуска режущего шлама, причем пространство над ситом с размером ячеек от 0,5 до 1 мм плоского вибрационного сепаратора (16) соединено с резервуаром/мешком "big-bag" (17) для мокрого отсортированного регенируемого материала (А) и пространством под ситом с ячейками 0,5 до 1 мм плоского вибрационного сепаратора (16) и используется для выпуска воды (I) с мелкими отходами.



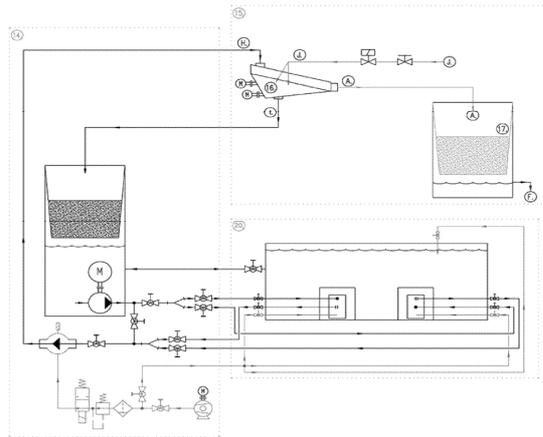
Фиг. 1



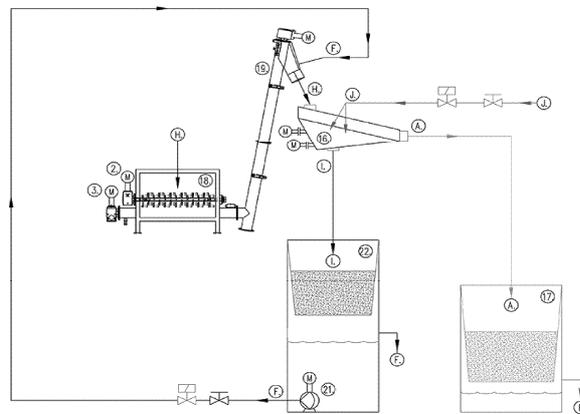
Фиг. 2



Фиг. 3



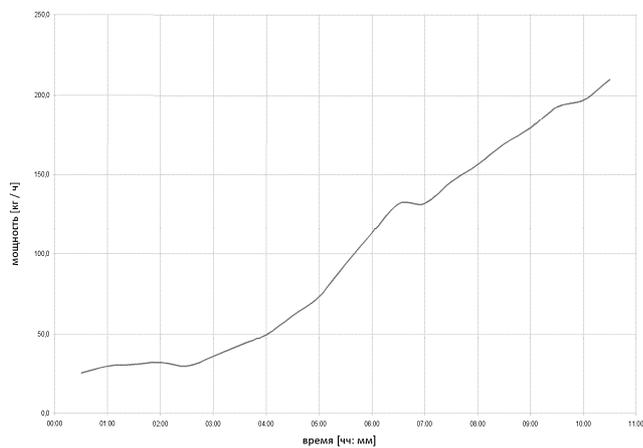
Фиг. 4



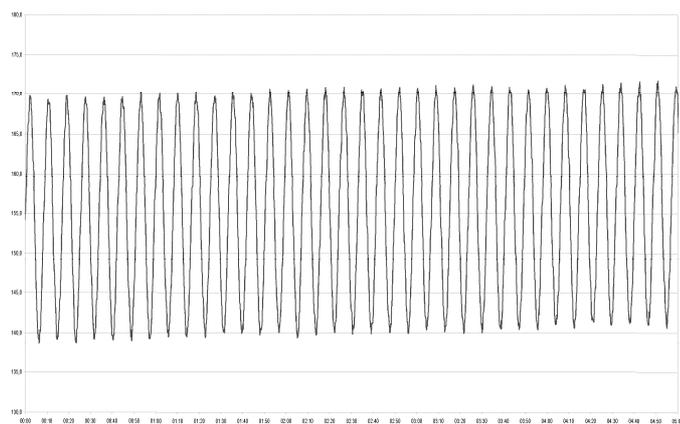
Фиг. 5

время [ч: мм]	мощность [кг / ч]	производство [килограмм]
00:30	24,9	12,4
01:00	29,3	14,7
01:30	30,6	15,3
02:00	31,9	15,9
02:30	29,6	14,8
03:00	35,7	17,8
03:30	42,5	21,2
04:00	49,8	24,9
04:30	61,5	30,7
05:00	73,2	36,6
05:30	93,7	46,9
06:00	112,9	56,5
06:30	131,7	65,8
07:00	131,9	66,0
07:30	145,4	72,7
08:00	156,3	78,1
08:30	169,2	84,6
09:00	179,5	89,7
09:30	192,8	96,4
10:00	197,2	98,6
10:30	210,2	105,1

Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

