

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037768**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.05.19(21) Номер заявки
201900369(22) Дата подачи заявки
2019.08.06(51) Int. Cl. **H05B 6/64** (2006.01)
B28D 1/32 (2006.01)
C04B 20/06 (2006.01)**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВСПУЧИВАНИЯ ГИДРОСЛЮДЫ И СПОСОБ ВСПУЧИВАНИЯ ГИДРОСЛЮДЫ С ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**(31) **2019103059**(32) **2019.02.04**(33) **RU**(43) **2020.08.31**(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ****ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ "ЛЭТИ" ИМ. В.И.
УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)" (СПбГЭТУ
"ЛЭТИ") (RU)**(72) Изобретатель:
**Иванов Вячеслав Александрович,
Сидоренко Дмитрий Сергеевич,
Рогожин Кирилл Владимирович,
Шеримов Данияр (RU)**(56) **WO-A2-2010070357
RU-C2-2171552
US-3830892**

(57) Устройство для вспучивания гидрослюды и способ вспучивания гидрослюды с его использованием относятся к области производства гидропонных и строительных теплоизолирующих материалов и используются для вспучивания гидрослюд с помощью микроволновой энергии. Устройство содержит многомодовый реактор 1 с устройством загрузки 2 обрабатываемого материала и устройство выгрузки 3 вспученной гидрослюды, выполненные в виде систем запердельных волноводов, ограничивающих излучение микроволновой энергии во внешнее пространство. Реактор возбуждается волноводом 5 с установленными на нем магнетронами 6. Под радиопрозрачной лентой транспортера расположен металлический короб 7, глубина которого равна четверти длины волны микроволнового излучения $1/4\lambda_0$. Это позволяет обеспечить синфазность падающей от генератора волны, отраженной от нижней поверхности короба. На верхней поверхности короба, находящейся на уровне ленты 4 транспортера, выполнена система щелей 8 - концентраторов горизонтальных мод электрического поля. Длина щелей составляет $1/2\lambda_0$. Способ вспучивания основан на том, что на обрабатываемый материал воздействуют микроволновым излучением при его перемещении на радиопрозрачной ленте транспортера через многомодовый реактор, причем на уровне плоскости расположения ленты транспортера выделяют моды с горизонтальной поляризацией вектора электрического поля E , увеличивают их амплитуду за счет формирования стоячих волн под транспортерной лентой и дополнительно воздействуют на гидрослюду с противоположной стороны транспортера. Достижимым техническим результатом является увеличение однородности вспучивания, увеличение коэффициента вспучивания, улучшение температурного режима работы транспортерной ленты.

B1**037768****037768 B1**

Изобретение относится к области производства гидропонных и строительных теплоизолирующих материалов и используется для вспучивания гидрослюд с помощью микроволновой энергии.

Вспучивание гидрослюды можно достигнуть путем ее обжига в тепловой печи. Сам процесс вспучивания обеспечивается давлением паров находящейся в гидрослуде жидкости, которое создается ее нагревом. При температуре обжига 800-1000°C достигается необходимая степень вспучивания, равная 8-10. Но при такой высокой температуре структурная основа гидрослюды уменьшает свою механическую прочность, что снижает качество готового продукта в целом. Максимальную механическую прочность чешуйки вспученной слюды, например вермикулита, имеют при температуре 400-600°C, но при такой температуре не удается достигнуть высокой степени вспучивания, что снижает эксплуатационные характеристики конечного продукта.

Использование электромагнитной микроволновой энергии для обжига гидрослюд создает ряд преимуществ (патент РФ № 2085372). Основным из них является снижение требований к температуре обжига, так как необходимое вспучивание достигается за счет непосредственного поглощения энергии, выделяющейся в объеме пластинки гидрослюды. Также преимуществом является снижение требований на влагосодержание гидрослюды, так как быстрое нагревание и испарение воды в чешуйке под воздействием поглощенной ею энергии создает быстрое нарастание внутреннего давления пара, достаточное для ее вспучивания даже при малом содержании воды в ней. Энергозатраты в микроволновой установке в сравнении с традиционными тепловыми установками примерно в 5-6 раз ниже на единицу готового продукта. Такая экономия энергии достигается за счет снижения температуры обжига более чем в 2 раза, а также за счет ускорения нагрева и процесса испарения воды. Кроме того, энергия электромагнитного излучения выделяется внутри слюды, нет потерь на нагрев окружения. Как следствие, нет потерь энергии на тепло, выходящее с продуктами неполного сгорания топлива, свойственного тепловым установкам. Обжиг гидрослюды в микроволновой установке не сопровождается ни выбросом продуктов неполного сгорания топлива, ни созданием пылевидных облаков мелких фракций гидрослюды, выносимых воздушным потоком, транспортирующим гидрослуду, характерных для тепловых установок, т.е. процесс микроволнового обжига гидрослюды является экологически чистым.

При использовании микроволновой энергии необходимо обеспечить ее кратковременное воздействие на обрабатываемый материал, обеспечивая вспучивание, но стремиться при этом, чтобы затрачиваемая энергия была минимальной.

Известен способ вспучивания гидрослюды (патент РФ № 2171552), в котором для обжига используется микроволновая энергия. Особенностью рассматриваемого способа является небольшой угол между плоскостью расположения микроволнового излучателя и направлением движения обрабатываемого материала, за счет чего достигается расположение чешуек сыпучего материала в плоскости вектора E напряженности электрического поля. Авторы предполагают, что по мере удаления обрабатываемого материала от источника энергии будет уменьшаться поглощение энергии самим материалом, но будет продолжаться вспучивание. Но, как показывают эксперименты, сам процесс вспучивания происходит только в узком диапазоне значений энергии и по мере удаления от источника заметного изменения коэффициента вспучивания не происходит.

Известно устройство, которое реализует рассмотренный выше способ (патент РФ № 2171552). Оно содержит микроволновый генератор, соединенный с камерой нагрева, внутри которой расположены диэлектрические полки, узлы загрузки и выгрузки обрабатываемого материала. Камера нагрева выполнена в виде рассогласованного на выходном конце волноводного тракта прямоугольного сечения, по которому распространяется волна типа H_{10} . Волноводный тракт имеет в вертикальном продольном сечении по широкой стенке волновода ряд наклонных ступеней с одинаковыми и равными четверти длины волны длинами пологой и крутой частей. Обрабатываемый материал на верхней полке в узле загрузки начинает обрабатываться и с помощью ультразвуковых колебаний перемещается на следующие ступени. В этот момент он эффективно поглощает энергию, но по мере удаления материала от источника ее воздействие будет ослабевать и процесс вспучивания прекращается.

Недостатком устройства является большая сложность конструкции и малый коэффициент вспучивания.

Известен способ вспучивания гидрослюды, который по совокупности существенных признаков наиболее близок к предлагаемому способу (RU, заявка № 2011129310 "Микроволновая обработка вспучивающегося вермикулита и других минералов"). Известный способ заключается в следующем. Гидрослуду, находящуюся на радиопрозрачной ленте транспортера, перемещают через многомодовый микроволновый реактор. На входе и выходе реактора лента проходит через щели, обеспечивающие ослабление микроволнового излучения наружу.

В этом же патенте описаны варианты устройств, реализующих описанный выше способ. Устройство содержит радиопрозрачную ленту транспортера, перемещаемую через микроволновый резонатор, устройство загрузки, выполненное в виде системы запердельных волноводов, и устройство выгрузки обрабатываемой гидрослюды, а в резонаторе установлен излучатель.

Недостатком известных способа и устройства является неравномерность обжига материала по толщине слоя и наиболее значительно это проявляется при обжиге мелкодисперсной гидрослюды с ее более

плотным прилеганием частичек друг к другу. При уменьшении толщины слоя увеличивается вероятность прожигания радиопрозрачной ленты транспортера, при увеличении возрастает неоднородность вспучивания по толщине.

Задачей, решаемой предлагаемыми изобретениями, является создание устройства для вспучивания гидрослюды, обеспечивающего равномерность обжига материала по толщине слоя, и способа вспучивания гидрослюды с его использованием.

Поставленная задача в предлагаемом устройстве решается за счет того, что оно так же, как и известное, содержит микроволновый многомодовый реактор, возбуждаемый волноводом, с установленными на нем магнетронами, устройство загрузки гидрослюды в виде системы запердельных волноводов, устройство выгрузки вспученного продукта, транспортер с радиопрозрачной лентой. Но в отличие от известного в предлагаемом устройстве радиопрозрачная лента транспортера расположена на верхней стенке металлического короба, глубина которого равна четверти длины волны микроволнового излучения $1/4\lambda_0$, а в его верхней стенке выполнена система щелей - концентраторов электрического поля требуемой поляризации.

Достижимым техническим результатом является увеличение равномерности вспучивания гидрослюды по толщине слоя. Следствием этого является увеличение коэффициента вспучивания и увеличение производительности установки.

Также достигаемый технический результат обеспечивается за счет того, что возбуждающий волновод имеет квадратное сечение с двумя вырожденными модами H_{10} и H_{01} .

Такое выполнение волновода обеспечивает увеличение эффективности использования энергии коротковолнового излучения.

Также указанный технический результат достигается за счет того, что устройство выгрузки вспученной гидрослюды выполнено в виде системы запердельных волноводов.

При таком решении устройство выгрузки дополнительно выполняет вторую функцию - защиту обслуживающего персонала от воздействия электромагнитного излучения.

Поставленная задача решается за счет того, что так же, как и в известном способе, в предлагаемом способе вспучивания гидрослюды с использованием описанного выше устройства на обрабатываемый материал воздействуют микроволновым излучением при его перемещении на радиопрозрачной ленте транспортера через многомодовый реактор. Но в отличие от известного в предлагаемом способе на уровне плоскости расположения ленты транспортера выделяют моды с горизонтальной поляризацией вектора электрического поля E и увеличивают их амплитуду за счет формирования стоячей волны под транспортной лентой и дополнительно воздействуют на гидрослюду с противоположной стороны транспортера.

Достижимым техническим результатом является увеличение равномерности вспучивания гидрослюды по толщине слоя за счет воздействия на нее с двух сторон энергией от одного и того же источника.

Изобретение иллюстрируется чертежами, где на фиг. 1 показан вид сбоку (разрез), а на фиг. 2 - вид сверху предлагаемого устройства для вспучивания гидрослюды.

Предлагаемое устройство содержит многомодовый реактор 1 с устройством загрузки 2 обрабатываемого материала и устройство выгрузки 3 вспученной гидрослюды, выполненные в виде систем запердельных волноводов, ограничивающих излучение микроволновой энергии во внешнее пространство. В рассматриваемом примере они выполнены в виде систем вертикально расположенных запердельных волноводов квадратного сечения с размером стороны $(0,125...0,25)\lambda_0$ и длиной $(4...6)\lambda_0$. Загруженная гидрослюда попадает на радиопрозрачную ленту транспортера 4 из устройства загрузки. Реактор возбуждается волноводом 5 квадратного сечения с двумя вырожденными модами H_{10} и H_{01} . В данном примере реализации на волноводе установлены четыре магнетрона 6. Под радиопрозрачной лентой транспортера расположен металлический короб 7, глубина которого равна $1/4\lambda_0$, а в его верхней части, находящейся на уровне ленты 4 транспортера, выполнена система щелей 8 - концентраторов горизонтальных мод. Длина щелей составляет $1/2\lambda_0$. Это позволяет выделить необходимые моды с горизонтальной поляризацией и увеличить их амплитуду за счет формирования стоячей волны в щелях. Часть энергии волн, прошедших через щели не полностью поглощенной гидрослюдой, отражаясь от нижней поверхности металлического короба, вновь воздействует на гидрослюду. Это обеспечивается синфазностью падающей и отраженной волн за счет выбора глубины короба, равной $1/4\lambda_0$. Использование металлического короба с четверть волновой глубиной эквивалентно по результату использованию дополнительного источника энергии с противоположной стороны транспортной ленты. К тому же металлическая поверхность короба за счет высокой теплопроводности способствует равномерному распределению температуры транспортной ленты и предотвращает ее прожигание.

Использование для обработки гидрослюды квадратного волновода как излучателя с двумя вырожденными модами H_{10} и H_{01} обеспечивает наилучшее вспучивание пластинок гидрослюды, располагающихся на ленте преимущественно горизонтально. Этот факт объясняется следующим образом. Между слоями окислов различных металлов расположена физически и химически связанная вода, в которой присутствуют ионы кальция, натрия и калия. В результате эта вода приобретает свойства электролита.

Очевидно, что суммарная проводимость такой структуры будет существенно различаться в зависимости от того, как вектор напряженности электрического поля \vec{E} будет ориентирован относительно плоскости спаянности пластинок. При нормальной ориентации вектора \vec{E} относительно плоскости спаянности высокоомные окисные слои обусловят низкую суммарную проводимость гидрослюды, а при продольной ориентации проводимость существенно возрастет ввиду сложения проводимости отдельных слоев.

В общем случае плотность мощности в материале, на который воздействует микроволновое поле с амплитудой E , определяется формулой

$$P/V = \omega \epsilon_0 \epsilon'' E^2 + \sigma E^2 = (\omega \epsilon_0 \epsilon'' + \sigma) E^2,$$

где P/V [Вт/м³] - мощность P в объеме V , ω - частота микроволнового сигнала, ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость вакуума, ϵ'' - относительная проницаемость, характеризующая диэлектрические потери в материале, σ - удельная проводимость материала. В общем случае ϵ'' и σ - тензорные величины. Полная мощность является интегрированием выражения по объему

$$P = \int_V (\omega \epsilon_0 \epsilon'' + \sigma) E^2 dV = \int_V (\omega \epsilon_0 \epsilon'') E^2 dV + \int_V \sigma E^2 dV.$$

Гидрослюда - материал многокомпонентный, поэтому необходимо учитывать изменение ϵ'' и σ для каждой из его компонент. Например, окисные слои вермикулита имеют малые диэлектрические потери и малую проводимость и вносят малый вклад в общие потери мощности. Определяющими являются потери в межслоевой (частично ионизированной) воде. Первое слагаемое в выражении мало зависит от ориентации поля, т.к. ϵ'' и объем интегрирования остаются постоянными. В то же время второе слагаемое, как уже отмечалось, существенно меняется при изменении взаимной ориентации вектора воздействующего поля \vec{E} и нормали к поверхности спаянности слоев гидрослюды. Эксперименты показывают отсутствие вспучивания при направлении вектора \vec{E} нормально к плоскости спаянности пластин. Ни какое изменение экспозиции, места расположения и напряженности поля не дают эффекта вспучивания для такой ориентации. В то же время потери на проводимость существенно больше при ориентации вектора \vec{E} параллельно плоскости спаянности.

При реализации предлагаемого способа для вспучивания вермикулита было определено, что для его вспучивания при экспозиции в 15 с требуется удельная мощность $(P/m) \approx 30$ [кВт/кг], что соответствует энергии 400...500 кДж/кг или порядка 0.2 кВт·ч/кг. При этом исключено прожигание транспортной ленты при рабочих режимах установки, поскольку она перемещается по металлической поверхности с высокой теплопроводностью. Это позволяет быстро отводить тепло от места вспучивания вермикулита, не допуская перегрева транспортной ленты.

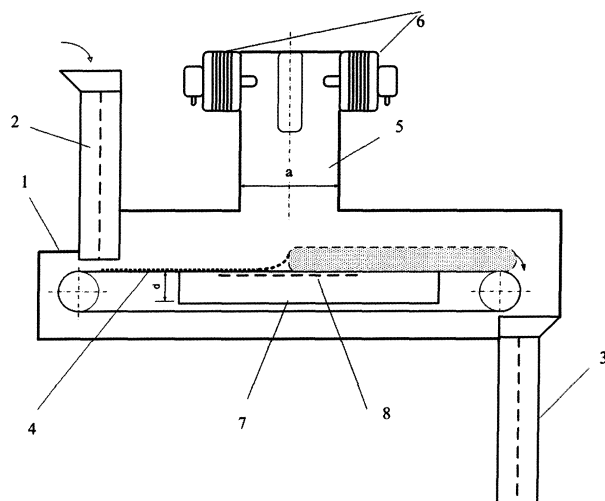
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для вспучивания гидрослюды, содержащее микроволновый многомодовый реактор, возбуждаемый волноводом, на котором установлены магнетроны, устройство загрузки гидрослюды в виде системы запердельных волноводов, устройство выгрузки вспученного продукта, транспортер с радиопрозрачной лентой, отличающееся тем, что радиопрозрачная лента транспортера расположена на верхней стенке металлического короба, глубина которого равна $1/4\lambda_0$ микроволнового излучения, а в его верхней стенке выполнена система щелей - концентраторов горизонтальных мод.

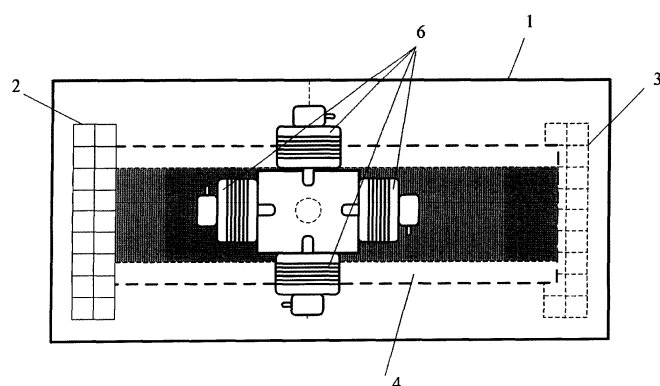
2. Устройство для вспучивания гидрослюды по п.1, отличающееся тем, что волновод имеет квадратное сечение и возбуждает реактор двумя вырожденными модами H_{10} и H_{01} .

3. Устройство для вспучивания гидрослюды по п.1 или 2, отличающееся тем, что устройство выгрузки вспученной гидрослюды выполнено в виде системы запердельных волноводов.

4. Способ вспучивания гидрослюды с использованием устройства по п.1, или 2, или 3 путем обработки ее микроволновым излучением при ее перемещении на радиопрозрачной ленте транспортера через многомодовый реактор, отличающийся тем, что на уровне плоскости расположения ленты транспортера выделяют моды с горизонтальной поляризацией вектора электрического поля E и увеличивают их амплитуду за счет формирования под транспортной лентой стоячей волны, которая дополнительно воздействует на гидрослюду с противоположной стороны транспортера.



Фиг. 1



Фиг. 2

