

## ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ МИНЕРАЛОВАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.В. Фирсов, В.В. Самойленко, А.Н. Блазнов, Е.А. Пенкина, Т.К. Углова

*Проведен анализ состава и количества отходов минераловатного производства. Предложен способ переработки отходов в гранулированный утеплитель. Разработана конструкция и создана установка для гранулирования. Проведены экспериментальные исследования и показана эффективность переработки отходов на разработанной установке. Исследован гранулометрический состав неволоконистых включений. Получен новый гранулированный теплоизоляционный материал с высокими теплофизическими свойствами.*

*Ключевые слова: теплоизоляция, минераловатное производство, отходы, корольки, гранулированный материал, гранулятор, распределение частиц по размерам.*

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из актуальных проблем является переработка отходов производства минераловатных утеплителей.

Как известно [1], при промышленном производстве теплоизоляционных изделий остается очень большое количество отходов – таких как: обрезки и некондиционная продукция, получающаяся при различных сбоях технологического процесса. Как правило, это выясняется после аналитических испытаний, когда продукция уже произведена. Минераловатная продукция, не соответствующая требованиям нормативной документации, загромаждает складские помещения и реализуется по сниженным ценам, что отрицательно сказывается на экономической эффективности производственного процесса. В работе [2] среднестатистическое количество отходов оценивают в объеме 8–10 % от всего объема переработанной ваты.

Опыт зарубежных производителей показывает, что разрабатываемые и внедряемые в производстве способы утилизации отходов минеральной ваты, при этом преследуют такие цели как: возврат отходов в качестве вторичного сырья и получение на их основе теплоизоляционных материалов [3, 4]. Наиболее простым способом, применяемым в производствах, является возврат отходов в плавильную печь. Недостатком этого способа является то, что отходы содержат большое количество ваты и их плотность на несколько порядков меньше плотности исходной руды, при этом нарушается дозирование компонентов и снижается полезный объем загрузки печи, общая производительность линии. К тому же материал с большой волокнистой составляю-

щей дважды перерабатывать экономически невыгодно.

Ранее [5] нами разработана технология производства теплоизоляционных минераловатных плит плавлением породы в индукционной печи (рисунок 1).

Получение волокнистых теплоизоляционных плит из базальтовой руды осуществляется на технологической линии, обеспечивающей выполнение сложного многостадийного процесса. В плавильной печи производится расплав шихты горной породы базальта и раздув волокон посредством сжатого воздуха. В камере волокносаждения происходит первичное отделение корольков (нераздувшихся капель шихты, не перешедших в волокна) и других неволоконистых включений, за счет разности масс по сравнению с волокнами, которые присасываются к сетчатому конвейеру и формируют минераловатный ковер. Минераловатный ковер, непрерывно выходящий из камеры волокносаждения модуля по производству ваты, поступает на конвейер узла пропитки, где проливается связующим по всей ширине с помощью устройства пролива. Приготовление водной эмульсии связующего производится в реакторах-смесителях, куда насосом заливается необходимое количество воды и поочередно загружаются компоненты связующего. После приготовления эмульсия насосом-дозатором подается на пропитку минераловатного ковра. Избыток связующего собирается в ванне, расположенной под конвейерной лентой.

Поскольку наиболее энергоемким процессом при изготовлении плит является сушка, требуется получить наименьшую остаточную влажность изделия после формования.

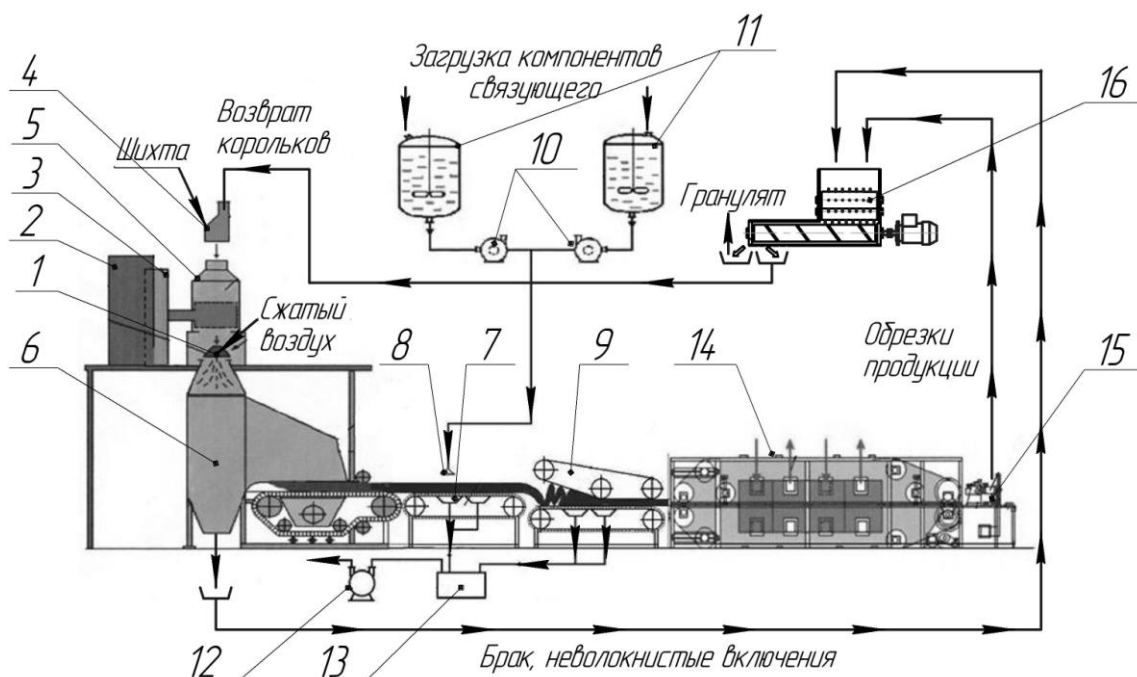


Рисунок 1 – Технологическая схема минераловатного производства: 1 – устройство дутьевое; 2 – генератор; 3 – нагрузочный контур; 4 – дозатор; 5 – индукционная печь; 6 – камера волокноосаждения; 7 – стол пропитки; 8 – устройство пролива; 9 – механизм формирования плиты; 10 – насос-дозатор; 11 – смеситель; 12 – вакуумный насос; 13 – бак сбора фильтрата; 14 – сушильная камера; 15 – устройство резки; 16 – измельчитель-гранулятор

Это достигается удалением избыточной воды вакуум-фильтрацией в две стадии. После пропитки мокрый ковер перемещается ко второй ванне, где с помощью вакуума отсасывается часть связующего, и поступает на механизм гофрирования, осуществляющий складывание ковра в поперечном направлении его движения.

Сжатие слоев производит верхняя ветвь транспортирующего устройства. Под нижней ветвью установлена ванна сбора избытка связующего и далее по ходу ванна окончательного вакуумирования. Необходимые плотность и толщина сырой плиты обеспечиваются за счет разности в скоростях движения конвейеров узла пропитки и узла гофрирования. Избыточное связующее, собираемое во всех ваннах, после очистки от механических примесей направляется на участок приготовления связующего. Отформованная сырая плита в виде непрерывной полосы подается в секционную сушильную камеру, где, зажата между двумя сетками транспортера, сушится путем прососа горячего воздуха попеременно сверху и снизу. После выхода из сушильной камеры на столе полоса плиты режется в поперечном направлении на изделия требуемых размеров и обрезаются кромки.

Таким образом, при непрерывно работающем производстве минераловатных плит, за исключением моментов пусков и остановок, образуются два вида отходов – неволокнистые включения, смешанные с минеральной ватой, на стадии выхода из плавильной печи и раздува в камеру волокноосаждения, и обрезки минераловатных плит, а также некондиционная продукция, которая содержит большое количество годной ваты, но не удовлетворяет показателям, например по содержанию неволокнистых включений (королек).

В настоящей работе в действующую технологическую схему производства плит введен аппарат по переработке отходов для получения из них нового материала [6]. При этом в результате разделения получают теплоизоляционный материал – гранулят из базальтовой ваты, а отделенные неволокнистые включения идут на повторную переплавку.

Нами исследована возможность переработки отходов и некондиционной ваты в сыпучий волокнистый материал, для чего спроектирована, изготовлена и испытана модельная установка для гранулирования отходов ваты.

## ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ МИНЕРАЛОВАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Конструктивно установка представляет собой аппарат непрерывного действия, состоящий из корпуса с загрузочным бункером и двумя горизонтально расположенными колковыми валами, вращающимися с различными окружными скоростями (рисунок 2), и транспортирующим шнеком.

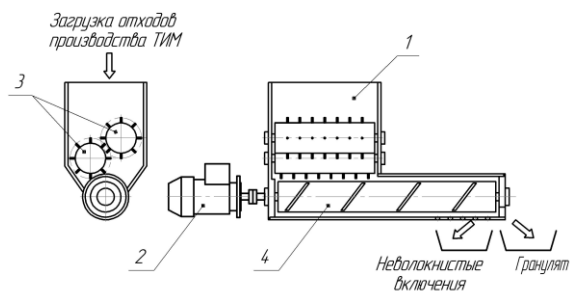


Рисунок 2 – Схема установки получения сыпучего волокнистого материала из минеральной ваты: 1 – бункер загрузочный; 2 – привод; 3 – валы измельчающие; 4 – шнек транспортирующий

Процесс измельчения осуществляется следующим образом. В бункер загружается минеральная вата и отходы в виде рыхлой массы. Непрерывно вращающийся с малой скоростью первый вал своими колками захватывает вату и подает ее в зазор между первым и вторым валами. Второй вал вращается со скоростью, в несколько раз большей первого. За счет разности окружных скоростей этих валов вата предварительно грубо измельчается и непрерывно равномерно подается на третий основной измельчительный вал, представляющий собой однозаходный шнек с расположенными по винтовой линии лопастями и колками. По мере продвижения в аппарате куски измельченной ваты доизмельчаются и окатываются в комочки – агломераты, освобождаясь от части неволокнистых включений, которые удаляются через отверстия в нижней части корпуса. Готовый продукт непрерывно выгружается из аппарата измельчения.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для экспериментов по отработке и испытанию установки измельчения была использована некондиционная минеральная (базальтовая) вата, изготавливаемая способом индукционного плавления горных пород и раздува расплава сжатым воздухом в супертонкие волокна на опытно-промышленной установке ФГУП «ФНПЦ «Алтай», а также

отходы минераловатного производства ТБМ (г. Якутск).

Пробы проанализировали по ГОСТ 4640-93 на содержание неволокнистых включений. Массовая доля составила: для бийской ваты – 36 %, для отходов из Якутска – 38 %.

Провели гранулометрические исследования неволокнистых включений с помощью оптического микроанализатора РІР 9.0. Характерные фотографии и диаграммы распределения частиц по размерам приведены на рисунке 3. На диаграммах по оси абсцисс отложен диаметр частиц (в логарифмических координатах), левая ордината – интегральное, правая – дифференциальное распределение частиц.

На фотографиях видны корольки круглой формы, а также другие инородные включения. Визуально состав неволокнистых включений отличается – в бийской вате он представлен корольками, которые по форме приближаются к круглой, а в отходах из Якутска – разными объектами неправильной формы, присутствуют как корольки, так и другие частицы. По диаграммам распределений частиц можно отметить, что средний размер включений примерно одинаков и находится в интервале от 100 до 500 мкм. Это объясняется различиями основных технологических параметров производств ваты.

Вату и отходы переработали на представленной на рисунке 2 установке. В ходе экспериментальных исследований было получено две фракции – отсеб, то, что прошло через сито в нижней части гранулятора, и гранулят.

Полученный после измельчения базальтоволокнистый материал с размером агломератов (гранул) менее 10 мм (рисунок 4) имеет насыпную плотность в неуплотненном состоянии  $75 \text{ кг/м}^3$  и сохраняет все основные свойства ваты. После повторного измельчения размеры агломератов значительно уменьшаются. Сыпучий волокнистый материал за счет многократного интенсивного механического воздействия освобождается от значительной части неволокнистых включений, что отмечается визуально и подтверждается лабораторными испытаниями.

Для рационального использования материала был проведен патентно-информационный поиск, показавший, что существует большое количество теплоизоляционных высокотемпературных композиций, в состав которых входит минеральное волокно, связующее и функциональные добавки [7].

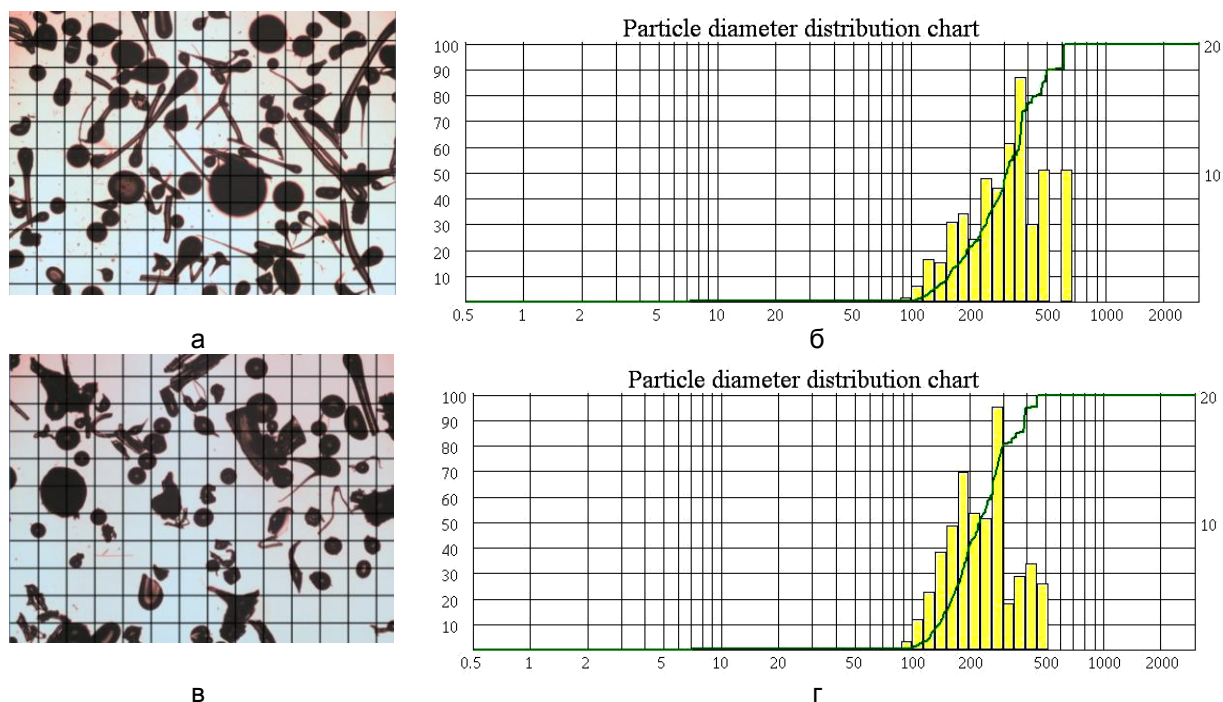


Рисунок 3 – Фотографии неволокнистых включений (увеличение в 4 раза) и диаграмма распределения частиц по размерам для минеральной ваты г. Бийска (а, б) и отходов производства г. Якутска (в, г)

Изготовление таких композиций проводится из гидромассы при соотношении волокнистый материал: вода, равном 1: 50 при этом возникает ряд технологических трудностей. Основная из них – сложность равномерного распределения волокон ват в гидромассе и требует применения специальных высокоскоростных смесителей.

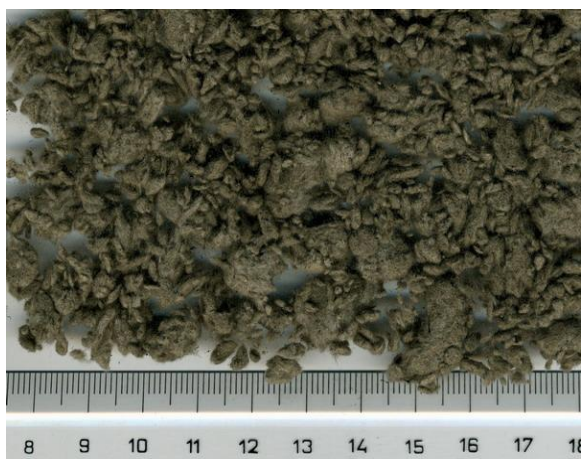


Рисунок 4 – Гранулированный базальт волокнистый материал

Сыпучий волокнистый материал, полученный на описанной выше установке, снижает эти проблемы и легко перерабатывает-

ся в изделия на традиционном широко применяемом оборудовании.

В работе [3] приведены примеры формирования скорлуп для теплоизоляции труб различных диаметров, изготовленные на основе гранулята. Широко используют сыпучий гранулят для вдувания внутрь полостей строительных конструкций и для нанесения непосредственно на конструкции посредством торкретирования для огнезащиты и утепления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предлагаемый способ изготовления сыпучего волокнистого материала достаточно прост, позволяет не только переработать некондиционную продукцию, но и получить ценный материал, который может быть использован для засыпной теплоизоляции труднодоступных мест котельного и другого энергетического оборудования, а также как наполнитель при производстве композиционных изделий технического назначения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черепанов, К. А. Рециклинг отходов производства сэндвич-панелей, изготовленных из базальтового волокна / К. А. Черепанов, О. С. Татаринцева, И. Г. Бычков // Сб. трудов III Всерос. науч.-практ. конф. "Перспективы развития техноло-

гий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты", Новокузнецк, 6-9 октября 2009 г. НФИ ГОУ ВПО КемГУ. – 2009. – С. 63–64.

2. Клаус-Дитер Ханзек Утилизация минеральной ваты – продуманное средство, сочетающее увеличение прибыли и охрану окружающей среды [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://basaltech.org/forum/forum73/topic481/messages/>.

3. Татаринцева, О. С. Эффективная теплоизоляция трубопроводов / О. С. Татаринцева, В. В. Самойленко, В. В. Фирсов // Ползуновский вестник. – 2010. – №4-1. – С. 239–243.

4. Фирсов, В. В. Экспериментальные и теоретические исследования по созданию эффективных утеплителей, предназначенных для работы в условиях пониженных температур // Томск, Изд-во Томский политехнический университет, Сб. докл. Всероссийской конференции студентов и аспирантов по приоритетному направлению «Энергетика и энергосбережение» 2006.

5. Татаринцева, О. С. Базальтовые технологии сегодня: Состояние и перспективы // Сборник научных трудов ИПХЭТ СО РАН «Фундаментальные и прикладные проблемы технической химии». Новосибирск: Сибирская издательская фирма «Наука» РАН, 2011. – С. 332–339.

6. Самойленко, В. В. Установка получения сыпучего волокнистого материала из минеральной ваты / В. В. Самойленко, В. В. Фирсов, Н. В. Угренев // Белокураха, М.: ЦЭИ «Химмаш», Сб. докл. V Всерос. науч.-практ. конф. «Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья», 2005.

7. Углова, Т. К. Применение смесового связующего в производстве теплоизоляционных изделий на основе базальтовой ваты / Т. К. Углова, Н. Н. Ходакова, О. С. Татаринцева // Кровельные и изоляционные материалы. – 2010. – № 4. – С. 22–23.

**Фирсов В.В.** – инженер лаборатории *Материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН)*, 8-(3854) 30-59-06, [labmineral@mail.ru](mailto:labmineral@mail.ru).

**Самойленко В.В.** – старший научный сотрудник лаборатории *Материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН)*, 8-(3854) 30-59-06, [labmineral@mail.ru](mailto:labmineral@mail.ru).

**Блазнов А.Н.** – д.т.н., доцент, заведующий лабораторией *Материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН)*, (3854) 30-58-82, [blaznov74@mail.ru](mailto:blaznov74@mail.ru).

**Пенкина Е.А.** – студентка гр. АПХП-01 *Бийского технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ)*, 8-(3854)43-52-99, [mahipp@bti.secna.ru](mailto:mahipp@bti.secna.ru).

**Углова Т.К.** – старший научный сотрудник лаборатории *Материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН)*, 659322, Алтайский край, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, [labmineral@mail.ru](mailto:labmineral@mail.ru).