

Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.,
Бабуков В.А., асп.,
Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,
Горягин П.Ю., асп.,
Проценко А.М., маг.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ В ВИБРО-ЦЕТРОБЕЖНОМ АГРЕГАТЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

Создание энергосберегающего оборудования для переработки техногенных волокнистых материалов. Исследование измельченных базальтовых волокон, определение их физико-механических характеристик. Исследования процесса микрогранулирования базальтовых волокон способом агломерации.

Ключевые слова: техногенные волокнистые материалы, базальтовые волокна, вибро-центробежный агрегат комбинированного действия, измельчение, сушка, окатывание.

На современном этапе развития индустриального производства все актуальное значение приобретает комплексная переработка техногенных материалов, неуправляемое накопление которых приводит к экологическим катастрофам. Площадь концентрации твердых коммунальных отходов на территории России превышает 4 млн. гектаров и с каждым годом эта цифра увеличивается на 400 тыс. га. При подобных темпах загрязнения территории, спустя десятилетие, концентрация ТКО по площади будет превышать размер двух Азовских морей. Строительство мусоросжигающих заводов только частично улучшит ситуацию по переработке и утилизации техногенных отходов. В этой связи наиболее перспективным направлением решения данной задачи является вторичная переработка отходов и получение востребованной товарной продукции.

Одним из видов отходов, относящихся к 4-му классу опасности, являются отходы производства минераловатных утеплителей, в том числе из базальта. Для того, чтобы экологическая система восстановилась от отрицательного влияния отходов этого класса, ей потребуется не менее 3 лет с момента устранения источников загрязнения.

Ежегодно на полигоны поступает до 150 тыс. тонн базальтовых волокнистых отходов (БВО). В связи с малой насыпной плотностью

данного вида отходов (200 – 250 кг/м³) территории складирования увеличиваются из года в год [1-5].

В настоящее время известны различные способы использования БВО: как теплоизоляционных утеплителей жилых и производственных сооружений, теплоэнергетических установок и теплотрасс; при использовании в строительных композиционных смесях и бетонных растворах в качестве фибронаполнителей; влагозадерживающих и фильтрующих материалов и др. Одним из перспективных направлений использования БВО являются аддитивные технологии.

В связи с вышеуказанным возникает научно-техническая проблема разработки технологического процесса и технических средств для дезагломерации БВО с получением волокон различных размеров, условий гомогенизации композиционных смесей с гетерогенными компонентами, а также высококонцентрированных гранулированных наполнителей и выполнения других технологических операций.

Для решения указанных задач на кафедры ТКММ БГТУ им. В.Г. Шухова была разработана серия ресурсо-энергосберегающих агрегатов, реализующих внутренний рециклинг материалов и селективное воздействие на них [6-7].

При переработке БВО важным технологическим этапом является дезагломерация и классификация базальтовых волокон. Это обусловлено их исходным состоянием и специфическими особенностями материала: скученностью и разнонаправленностью волокон, их малой сыпучестью, повышенной водопотребностью, высоким коэффициентом внутреннего и внешнего трения и др. В этой связи нами был проведен комплекс исследований по изучению структуры БВО, их специфических особенностей, разработке способов и технологических приемов по совершенствованию процесса переработки материалов.

В ходе проведения поисковых экспериментов была установлена влажность базальтовых волокон, поступивших с полигона. В 1 кг. базальтового волокна содержалось 12,3% влаги от общей массы материала. Затем вышеуказанный материал был подвергнут переработке в камере дезагломерации вибро-центробежного агрегата комбинированного действия (ВЦА КД) [8] (рисунок 1, поз. 1) и в средней камере измельчения (рис. 1, поз. 2) в течение 5 минут. В первой камере за счет цепных завес происходят процессы дезагломерации и классификации БВО. Режим работы ВЦА и его технические характеристики позволяют получать базальтовые волокна различных размеров от $l=(1-3) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ до $l=(5-7) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и более. Во второй камере ВЦА КД ($D \times L=250 \times 800$) $\cdot 10^{-3} \text{ м}$ в случае необходимости

ее использования, осуществляется измельчение дезагломерированных волокон. Характеристики и режимы камеры дезагломерации следующие: размеры камеры - $V \times H = (800 \times 530) \cdot 10^{-3}$ м; длина цепной завесы $l_{ц.з.} = 400 \cdot 10^{-3}$ м, высота ее провисания - $H_{пр} = 8 \cdot 10^{-3}$ м, размеры овальных звеньев - $l \times b = (2 \times 1) \cdot 10^{-3}$ м, количество цепных завес по длине камеры в один ряд - 2 шт., по высоте камеры - 6 шт. В случае необходимости, после приготовления композиционной смеси, включающей микрофибронеполнители (60 - 140) мкм и менее, пластификатор и клеящее связующее, в третьей камере ВЦА КД можно произвести агломерацию высококонцентрированных фибронеполнителей. Режим работы ВЦА КД следующий: диапазон регулирования частоты вращения эксцентрикового вала $n_{экс} = (70 \div 300) \text{ м}^{-1}$, эксцентриситет - $e = 20 \cdot 10^{-3}$ м, установленная мощность электродвигателя $N = 2,2$ кВт

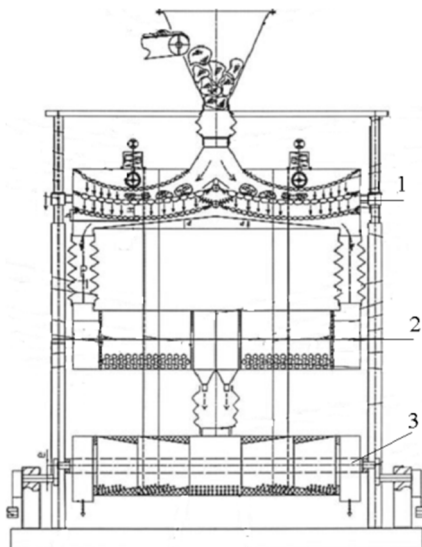


Рис.1 - Вибро-центробежный агрегат комбинированного действия:
1 – камера дезагломерации; 2 – камера измельчения; 3 – камера агломерации фиброволокон

Выполненная микросъемка измельченных во второй камере базальтовых волокон (рисунок 2) показала наличие отдельных фиброволокон и спека «королька». Селективное измельчение

фиброволокон во второй камере позволяет получать (при различном времени измельчения) волокна малых размеров: $\leq(10-20)$ мкм.

Для определения процентного соотношения фиброволокон различной длины в материале, был применен вибро-ситовой анализатор. Так, при 5 минутном измельчении ($n_{\text{экс в.}}=(170\div 200)\text{м}^{-1}$, коэффициент загрузки камеры мелющими телами - $\varphi=0,3$, диаметр мелющих тел - $d_{\text{мт}}=10\cdot 10^{-3}$) проведенный рассев материала показал, что наибольшее количество волокон имеет размер (63-140) мкм и составляет 60% от общего объема. Волокна размером более (200) мкм – 20%, (140-200) мкм – 12%, (40-60) мкм – 4 %, $<(40)$ мкм – 4%.



Рис. 2 - Микросъемка базальтовых волокон после их измельчения в ВЦА ($t=5$ мин, $\times 200$)

После 5-ти минутной переработки БВО в камере измельчения ВЦА, получаем фибру, основную часть которой составляют волокна размером (63-140) мкм.

Для реализации процесса агломерации измельченных БВО нами использовалась третья камера ВЦА КД (рисунок 1, поз 3). В качестве клеящего связующего был использован 5 % КМЦ-Н. В ходе исследований установлено, что процесс гранулообразования начинается в диапазоне частоты вращения эксцентрикового вала $80\div 120$ об/мин. Изменение частоты вращения эксцентрикового вала осуществлялся с помощью использования в системе питания электродвигателя частотного преобразователя Altivar ATV 312HU22N4. Каскадная траектория движения материала наблюдается в диапазоне $120\div 170$ об/мин. Дальнейшее увеличение частоты вращения эксцентрикового вала $170\div 200$ об/мин, позволяет перевести гранулируемый материал в водопадный и смешанный режимы движения, где интенсивно наблюдается рост гранул. Расход связующего составил 10 % от массы материала. Полученные гранулы

(рисунок 3) были классифицированы от несформованного материала на сите 4 мм.



Рис.3 - Общий вид сформованных гранул

Содержание сформованных тел размером $d_{гр}=(5\div 8)\cdot 10^{-3}$ м составляет 70% и просыпи ($d_{пр}\leq 4\cdot 10^{-3}$ м) – 30%.

Таким образом, проведенные нами экспериментальные исследования процессов дезагломерации, измельчения и агломерации базальтовых волокон в вибро-центробежном агрегате комбинированного действия, позволили получить следующие результаты и сделать выводы:

- техногенные базальтовые волокна с полигонов нуждаются в предварительной сушке и дезагломерации до заданных размеров в зависимости от области их использования;
- при дезагломерации БВО с помощью цепных завес в первой камере ВЦА КД обеспечивается классификация волокон за счет различных размеров звеньев;
- селективное измельчение во второй камере $D\times L=(250\times 800)\cdot 10^{-3}$ м дезагломерированных волокон обеспечивается при $n_{экс}=170\div 200$ об/мин, $e=20\cdot 10^{-3}$ м; достигается широкий спектр размеров фиброполнителей от $l\leq(10-20)$ мкм до 200 мкм и более при различном времени измельчения.
- процесс агломерации БВО наиболее эффективен при частоте вращения эксцентрикового вала в диапазоне 170÷200 об/мин;
- полученные гранулированные микрофибонаполнители обладают достаточной прочностью для их транспортирования
 $\sigma_{сж. слоя} \geq 0,8-1,2$ МПа.

* Работа выполнена в рамках государственного задания № 9.11523.2018/11.12

Библиографический список

1. Севостьянов В.С. Технологии и технические средства для переработки базальтовых отходов / В.С. Севостьянов, Л.А. Сиваченко, Л.И. Шинкарев, В.В. Оболонский, В.А. Бабуков, Н.А. Якимец // «Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды»: сб. докл. Между-нар. науч-техн. конф., Алушта, 4–8 июня, 2018 г. /Белгор. гос. технол. ун-т. им В.Г. Шухова – Белгород, 2018. – С. 139 – 145.
2. Бучкин А.В., Цементные композиции повышенной коррозионной стойкости, армированные базальтовыми волокнами/ А.В. Бучкин, В.Ф. Степанова // Строительные материалы. 2006.- № 7 – С.12-16.
3. Севостьянов В.С. Исследование процесса гомогенизации композиционной шихты в рециркуляционном смесителе / В.С. Севостьянов, Л.А. Сулейманова, К.И. Севостьянова, А.А. Корякина // Межд. науч-практ. конф. «Наука и инновации в строительстве». Белгород, 17.04.2018. Сб. трудов БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018 – С.413-418.
4. Roussel N. A thixotropy model for fresh fluid concretes: theory, validation and applications. Cement and Concrete Research – 2006. Т.36. No. 10. С. 1797-1806.
5. LeT. Tetal. Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete. Materials and structures. 2012 Т.45. No.8. Pp.1221-1232/
6. Патент № 2302285 С2. Рециркуляционный смеситель А.М. Гридчин, В.С. Севостьянов, В.С. Лесовик, М.Д. Герасимов, А.В. Гармаш, М.И. Стадольский, заявитель и правообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Технологический комплекс РЕЦИКЛ" (ООО "ТК РЕЦИКЛ") - № 2005118704/15, подача заявки: 2005-06-16, опубл. 10.07.2007, Бюл. №19.
7. Патент № 2540549 С1. Установка для измельчения волокнистых материалов С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, М.В. Севостьянов, Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко, С.А. Михайличенко, А.А. Макридин, А.С. Маншин, заявитель и правообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, - № 2013141378/13, заявл. 2013.09.09, опубл. 2015.02.10, Бюл. № 4.
8. Патент № 2692624 С1. Устройство и способ переработки волокнистых техногенных материалов для получения фиброполнителей (варианты) М.В. Севостьянов, В.А. Полуэктова, В.С. Севостьянов, В.В. Сирота, В.И. Уральский, И.Г. Маргаков, В.А. Бабуков; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, - № 2018131819, заявл. 03.09.2018, опубл.:25.06.2019, Бюл. № 18.