

УДК 502.55:66.099.2

С. Н. ГЛАГОЛЕВ, д-р экон. наук

В. С. СЕВОСТЬЯНОВ, д-р техн. наук

Т. Н. ИЛЬИНА, канд. техн. наук

В. И. УРАЛЬСКИЙ, канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова,
г. Белгород, Россия

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье описаны научно-технические разработки, которые позволили создать технологические модули для комплексной переработки техногенных материалов с различными физико-механическими характеристиками.

У статті описані науково-технічні розробки, які дозволили створити технологічні модулі для комплексної переробки техногенних матеріалів з різними фізико-механічними характеристиками.

Введение

На современном этапе развития производства и общества проблема рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды от загрязнения техногенными материалами становится в число наиважнейших. По оценкам специалистов научно-исследовательского центра по проблемам ресурсосбережения и отходов в России накоплено более 80 млрд т твердых бытовых отходов. Ежегодно образуется около 3 млрд т промышленных отходов и 40 млн т твердых бытовых отходов (ТБО). Из промышленных отходов более 90 % составляют хвосты добычи и обогащения полезных ископаемых.

Использование техногенных материалов в качестве вторичного сырья позволяет экономить не только природные богатства, но и топливно-энергетические ресурсы. Использование одной тонны макулатуры экономит 3,5 м³ древесины; вторичного полимерного сырья – 0,7 т первичного полимерного сырья; изготовление шин – 0,33 т синтетического каучука; вторичного текстильного сырья – 0,7 т натуральных и синтетических волокон.

В промышленно развитых странах (США, странах Западной Европы, Японии) комплексная утилизация различных техногенных материалов и некондиционных изделий успешно используется уже многие десятилетия для производства новых видов продукции во многих отраслях промышленности. В России же и в странах СНГ это является относительно «новым», но весьма перспективным направлением развития различных отраслей экономики [1–3].

Основная часть

Проблема комплексной утилизации техногенных материалов особое значение имеет для такой крупномасштабной и материалоемкой отрасли, как промышленность строительных материалов с её многочисленными подотраслями (цементной, стекольной, керамической, огнеупорной и т.д.).

При этом весьма перспективным направлением является разработка технологических комплексов (модулей), использующих энергосберегающие агрегаты для получения высокодисперсных материалов с последующим их смешением с добавками и формованием в прессованные тела заданной формы и размеров.

Разработанный нами технологический комплекс (рис. 1) позволяет решать поставленные задачи и обеспечивает реализацию следующих операций:

А – тонкое и сверхтонкое измельчение техногенных материалов с различными физико-механическими характеристиками;

Б – гомогенизация композиционной смеси;

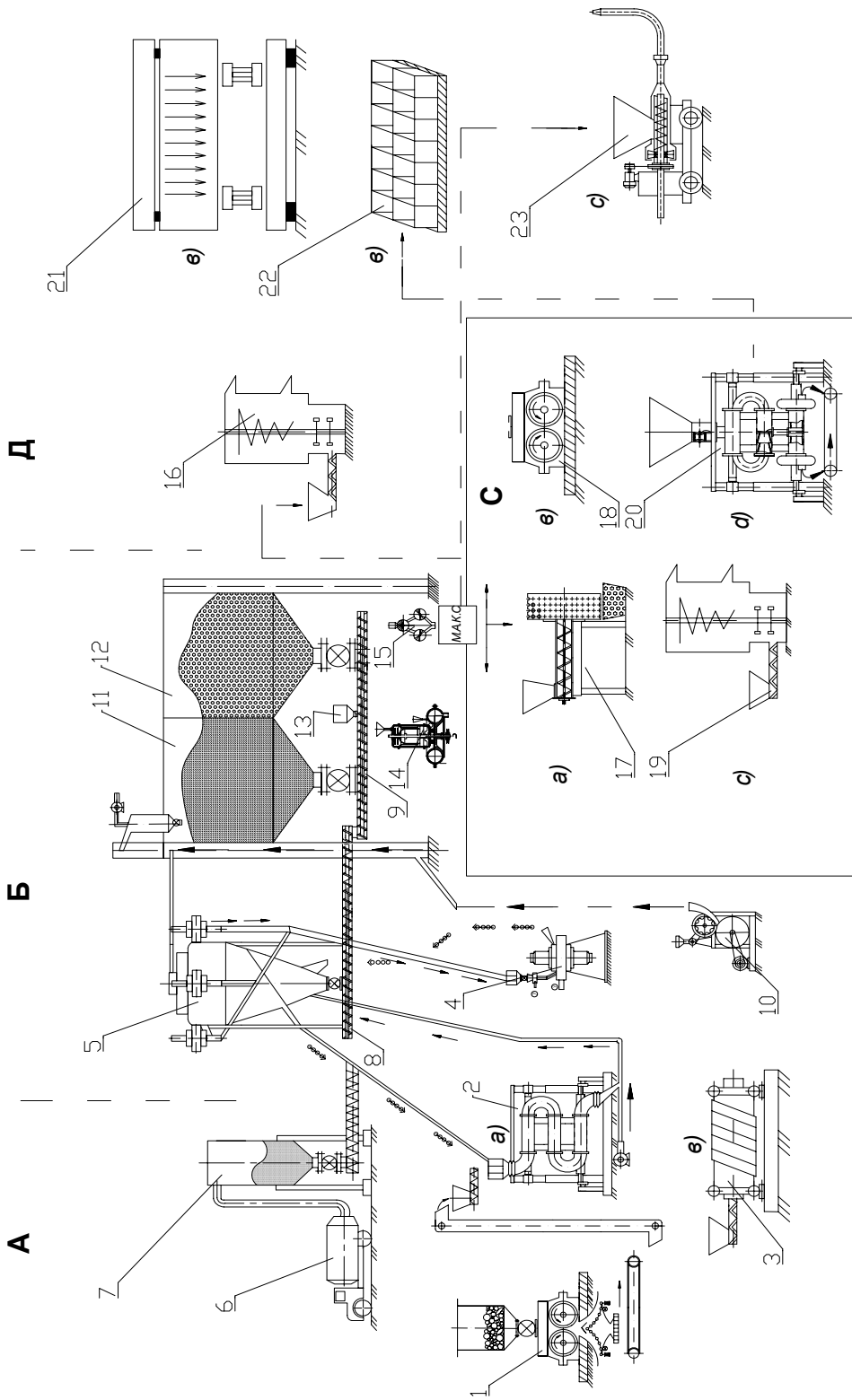


Рис. 1. Технологический комплекс для производства теплоизоляционных изделий из техногенных материалов:

1 – пресс-валковый измельчитель; 2 – центробежный помольно-смесительный агрегат; 3 – барабанно-винтовой СВЧ сушильный агрегат; 4 – вихреакустический диспергатор; 5 – турбо-вихревой классификатор; 6 – автогранспорт; 7 – силос вяжущего; 8, 9 – шнековые конвейеры; 10 – роторно-центробежный диспергатор комбинированного действия; 11 – силос фиброаполннителей; 12 – силос поризованного наполнителя; 13 – бункер добавок; 14 – роторно-центробежный измельчитель; 15 – рециркуляционный смеситель; 16 – агрегат для производства поризованной композиционной смеси; 17 – пресс-валковый экструдер; 18 – вальцевый брикетный пресс; 19 – агрегат для производства поризованных заполнителей; 20 – вибрационно-центробежный гранулятор; 21 – вибропресс; 22 – формы теплоизоляционных изделий; 23 – торкрет-агрегат для нанесения теплоизоляционных покрытий.



Рис. 2. Энергосберегающие агрегаты, используемые для переработки техногенных материалов:

а – пресс-валковый измельчитель; *б* – центробежный помольно-смесительный агрегат; *в* – диспергатор комбинированного действия; *г* – вихре-акустический диспергатор; *д* – барабанно-винтовой сушильный агрегат; *е* – турбо-вихревой классификатор; *ж* – пресс-валковый экструдер; *з* – роторно-центробежный измельчитель; *к* – вальцевый брикетный пресс; *л* – вибрационно-центробежный гранулятор



Рис. 3. Технологический модуль для получения экструдированных материалов

В – компактирование порошкообразных и вязкопластичных материалов в сформованные тела заданной формы и размеров;

Г – производство теплоизоляционных строительных материалов и изделий.

Каждый из указанных технологических процессов содержит энергосберегающие машины и агрегаты, защищенные более чем 20 патентами на изобретения (рис. 2).

Исходные техногенные материалы могут иметь различные исходные размеры ($d_{\text{ср. вэв.}} \leq (40-50) \cdot 10^{-3}$ м), прочностные характеристики ($\sigma_{\text{сж}} \leq 200-300$ МПа), изотропную или анизотропную текстуру, плотность и другие характеристики.

Предварительное измельчение материалов осуществляется в прессвалковом измельчителе (ПВИ) с объемно-сдвиговым деформированием материала, оснащенным спаренными коническими валками (рис. 2, а) [4].

Использование ПВИ для предварительного измельчения хрупких материалов позволяет сэкономить в помольной системе до 20–30 % электроэнергии при конечном размере частиц $d_{\text{ср. вэв.}} \leq 100-500$ мкм. Микродефектная структура измельченных частиц при их объемно-сдвиговом деформировании существенно облегчает их дальнейшее диспергирование в последующих помольных агрегатах, например, в шаровых мельницах, дезинтеграторах, вихре-акустических диспергаторах и др.

Для обеспечения избирательного (селективного) измельчения мелкозернистых материалов ($d_0 \leq 3-5$ мм) различной прочности на каждой стадии помола, а также получения гомогенной композиционной смеси используется центробежный помольно-смесительный агрегат (ЦПСА), обеспечивающий меньший на 15–20% расход электроэнергии, а так же высокую дисперсность конечного продукта: $d_{\text{ср. вэв.}} \leq 10 - 20$ мкм, $S \leq 600 - 700$ м²/кг, (рис. 2, б) [5].

Для тонкого диспергирования материалов невысокой прочности ($\sigma_{\text{сж}} \leq 60$ МПа) и приготовления поликомпонентной гомогенной смеси используется роторно-центробежный измельчитель (РЦИ), (рис. 2, з) [6]. РЦИ использует принцип ударно-разрывающего или ударно-стирающего воздействия на материалы различной текстуры.

Для измельчения техногенных материалов волокнистой структуры, например, целлюлозно-бумажных отходов, органических материалов и др., разработан роторно-центробежный диспергатор комбинированного действия (рис. 1, поз. 10; рис. 2, в) [7].

Тонкое и сверхтонкое диспергирование материалов осуществляется в вихреакустическом диспергаторе (ВАД). При давлении сжатого воздуха (энергоносителя) $P = 0,4-0,6$ МПа и скорости движения измельчаемых частиц $V = 120-140$ м/с, размеры частиц конечного тонкодисперсного продукта составляют ($d_{\text{ср. вэв.}} \leq 1-5$ мкм), (рис. 2, г) [8].

В случае необходимости предварительной сушки измельченных материалов используется барабанно-винтовой сушильный агрегат (рис. 2, д).

Сепарация полифракционных смесей и аспирация пылевоздушного потока осуществляется в турбо-вихревом классификаторе (рис. 2, е) [9].

Таким образом, разработанные нами энергосберегающие измельчители и помольные агрегаты позволяют диспергировать техногенные материалы с различными физико-механическими характеристиками на первой стадии подготовки шихты (стадия А, рис. 1).

Гомогенизация материалов (стадия Б) композиционной смеси осуществляется в рециркуляционном смесителе (рис. 1, поз. 15), использующем высокоскоростной процесс гомогенизации гетерогенных материалов на двух последовательных стадиях: 1-смешение в макрообъемах; 2-смешение в микрообъемах [10]. Рециркуляционный эффект в смесителе обеспечивается за счет использования развитой поверхности однозаходных и двухзаходных винтовых лопастей с противоположно направленными воздействиями на материал.

В качестве компонентов композиционной смеси используются: вяжущие материалы (цемент, гипс или известь-пушонка); кремнеземистый компонент (тонкоизмельченный песок, кварцитопесчаник); пластифицирующие добавки (бентонит, ПАВ и др.); поризованные наполнители.

Выбор формы, размера и структуры сформованных тел определяется их дальнейшим назначением: получением полуфабриката для дальнейшего использования в технологическом процессе, например, экструдирование, гранулирование или брикетирование пылевидных материалов сушильных или обжиговых аппаратов; получение поризованных заполнителей с использованием отходов перлитового, вермикулитового производств, целлюлозно-бумажных отходов и др. (стадия С).

Формование, как способ утилизации техногенных порошкообразных материалов, может быть реализовано различными техническими приемами: экструдированием (рис. 1, поз. 17, *а*; рис. 2, *ж*) [11], брикетированием (рис. 1, поз. 18, *в*; рис. 2, *к*) [12] или окатыванием (вибрационно-центробежным гранулированием) (рис. 1, поз. 2, *д*; рис. 2, *л*) [13].

Для получения органических поризованных заполнителей - полистирольных гранул разработан специальный агрегат для термовлажностной обработки исходного полистирольного гранулята, содержащий в качестве рабочего органа вертикально расположенный лопастной смеситель и сопряженный с ним перфорированный винтовой геликоид (рис. 1, поз. 19, *с*) [14].

Каждый из указанных способов формования материалов имеет свои преимущества и недостатки, а его выбор определяется технологической целесообразностью использования компактированных материалов.

Несмотря на различные конструктивно-технологические особенности разработанных агрегатов (рис. 2, поз. *ж*, *к*, *л*), процесс формования в них вязкопластичных или порошкообразных материалов подчиняется установленным нами основополагающим закономерностям:

- необходимостью реализации постадийного формования;
- предварительным удалением газообразной фазы из формуемого материала;
- релаксацией напряжений после снятия максимального давления формования;
- использованием комплекса физико-химических приемов (например, введением пластифицирующих добавок) для обеспечения необходимых реологических свойств материала и др. [15].

Полученные вышеуказанными способами поризованные заполнители могут быть использованы по различному технологическому назначению: для использования в качестве утеплителей зданий и сооружений; в качестве составляющих механоактивированных композиционных смесей (МАКС) (рис. 1, поз. 15, 16); для получения органо-минеральных удобрений, поризованные составляющие которых обладают пролангированным действием; для производства теплоизоляционных строительных изделий с фиброаппаратурами, полученными способом вибропрессования (рис. 1, поз. 21) или заливки суспензий (рис. 1, поз. 22).

Кроме того, разработанные нами техника и технологии получения композиционных теплоизоляционных смесей могут быть использованы для нанесения тепло-огнестойких покрытий на рабочие поверхности в трудно-доступных местах с помощью эжекционной торкрет-машины (рис. 1, поз. 23) [16].

Разработанный нами технологический комплекс (рис. 1) может функционировать в виде отдельных технологических модулей, выполняющих заданную технологическую операцию. Например, на рис. 3 представлен технологический модуль для получения экструдированных материалов, включающий операции: складирование и дозирование исходных техногенных материалов; измельчение отдельных компонентов получаемой композиционной смеси; гомогенизация композиционной смеси и ее последующее увлажнение; пресс-валковое экструдирование или вибрационно-центробежное гранулирование техногенных материалов; сушка сформованной продукции, ее упаковка и отгрузка потребителю.

По результатам проведенных экспериментальных и опытно-промышленных испытаний были получены следующие данные.

Разработаны составы композиционной смеси для производства теплоизоляционных изделий на основе техногенных материалов, включающие некондиционный перлит (38–54%), отходы целлюлозно-бумажной промышленности (23–40 %), жидкое стекло (22–23%).

Сформированные из композиционной смеси образцы имели прочность на сжатие (в высушенном состоянии) 1,5–2,2 МПа и коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,098 \dots 0,103$ Вт/м·К.

Эффективным наполнителем теплоизоляционной смеси являются гранулы, полученные из отходов пыли вертикальной печи для поризации перлитового концентрата. Гранулы получали при поэтапном формовании смеси в вибрационно-центробежном грануляторе. Подготовленная к формованию шихта для производства гранул включала: пылеунос перлита, бентонит, гипс, водный раствор жидкого стекла и лигносульфонатов технических. Прочность высушенных гранул на сжатие составляла $0,29 \pm 0,03$ МПа, насыпная плотность слоя гранул размером 0,5–7,0 мм достигала 290–320 кг/м³.

Теплоизоляционная смесь для нанесения покрытий состояла из цемента, бентонитовой глины, фиброволокна и поризованных перлитовых гранул. Нанесение теплоизоляционной смеси на наружные поверхности строящихся зданий и сооружений осуществляли с помощью разработанной торкрет-машины [16]. Полученные теплоизоляционные покрытия при толщине слоя $(1–3) \cdot 10^{-2}$ м имели следующие физико-механические и теплотехнические характеристики: адгезия с бетоном 1,2 МПа, прочность на сжатие 1,5..1,8 МПа, теплопроводность 0,09 Вт/м·К, морозостойкость не менее 25 циклов.

Выводы

Таким образом, проведенные нами научно-технические разработки позволили создать технологические модули для комплексной переработки техногенных материалов с различными физико-механическими характеристиками. Разработанные технологические модули и патентно защищенные энергосберегающие агрегаты могут быть использованы для реализации различных технологий и процессов: механоактивации природных и техногенных материалов; производства композиционных смесей различных составов; получения компактированных тел, используемых для различного технологического назначения, а также производства теплоизоляционных изделий с поризованными наполнителями.

Список литературы

1. Бобович Б. Б., Девяткин В. В. Переработка отходов производства и потребления: справочное издание /Под ред. Б. Б. Бобовича.– М.: Интермет Инжиниринг, 2000, – 496 с.
2. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек. – М.: Высшая школа, 2000, –240 с.
3. Севостьянов В. С., Нестерцов А. И., Свергузова С. В. и др.//Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 17–19.
4. Пат. № 2116129, РФ. Пресс-валковый измельчитель / В. С. Севостьянов, С. И. Ханин, С. Л. Колесников, С. А. Долгий. Бюл. № 21, 1998.
5. Пат. № 2277973, РФ. В02С17/08. Помольно-смесительный агрегат / А. М. Гридчин, В. С. Севостьянов, В. С. Лесовик, В. И. Уральский, Е. В. Сеница. Бюл. № 17, 2006.
6. Пат. № 2204437, РФ. Роторно-центробежный измельчитель / В. С. Севостьянов, С. А. Михайличенко, М. В. Севостьянов, Ю. Д. Татаренко и др. Бюл. № 6, 2002.
7. Заявка № 2010143951, РФ. Установка для измельчения волокнистых материалов / С. Н. Глаголев, А. М. Гридчин, В. С. Севостьянов, С. А. Михайличенко, А. А. Макридин. Заявл. 26.10 2010.
8. Пат. № 2226432, РФ. Вихреакустический диспергатор /В. С. Севостьянов, В.С. Лесовик, Д. Н. Перельгин и др. Бюл. № 17, 2003.
9. Пат. № 2171720, РФ. Турбо-вихревой классификатор /В. С. Севостьянов, В. С. Лесовик, Д. Н. Перельгин и др. Бюл. № 17, 2003.
10. Пат. № 2302285, РФ. Рециркуляционный смеситель / А. М. Гридчин, В. С. Севостьянов, В. С. Лесовик и др. Бюл. № 19, 2007.

11. Пат. № 2207247, РФ. Пресс-валковый экструдер / А. М. Гридчин, В. С. Севостьянов, В. С. Лесовик, М. В. Севостьянов и др. Бюл. № 17, 2003.
12. Пат. №2204486, РФ. Вальцевый пресс для брикетирования порошкообразных материалов / В.С. Севостьянов, А.П. Зубаков, В.Н. Бондаренко и др. Бюл №14, 2002.
13. Заявка №2009135800, РФ. Вибрационно-центробежный гранулятор / Т.Н. Ильина, В.И. Уральский, М.В. Севостьянов, Е.А. Шкарпеткин. Заявл. 25.09.09.
14. Пат. №2302340, РФ. Парогранулятор с внутренней классификацией поризованных заполнителей / А.М, Гридчин, В.С. Севостьянов, В.С. Лесовик, И.Н. Фуников. Бюл. №19, 2007.
15. Ильина Т.Н. Процессы агломерации в технологиях переработки дисперсных материалов: монография. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009 – 229с.
16. Патент на полезную модель №45000, РФ, МПК E21D11/10. Эжекционная машина для набрызга бетона / Е.Ф. Катаев, Ф.Е. Катаев, А.А. Шадров. Бюл. №10, 2005.

MODULE PRINCIPLE OF ORGANIZATION OF TECHNOLOGICAL COMPLEXES FOR PROCESSING OF TECHNOGENIC MATERIALS

S. N. GLAGOLEV, Dr. Scie. Ekon.
V. S. SEVOST'JANOV, Dr. Scie. Tech.
T. I. IL'INA, Cand. Tech. Scie., V. I. URAL'SKIY

Scientific and technical developments which allowed to create the technological modules for the complex processing of technogenic materials with different fiziko-mechanical descriptions are described in the article.

Поступила в редакцию 23.02 2011 г.