

УДК 678+691.002.8

А. Н. БАЧУРИН, В. В. НЕФЕДОВ, Н. А. МИРОНЧИК

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗОЛОПЛАСТА

В статье описан способ утилизации золы тепловых электростанций и полимерной фракции твердых бытовых отходов и получение нового композиционного материала на основе данных отходов. Предлагаемое технологическое решение позволяет решить проблему утилизации данных отходов в Украине. Разработана технология производства золопласта. Золопласт, как композиционный материал, включает в себя структурирующий наполнитель и связующую матрицу. В качестве наполнителя используется зола, а в качестве связующего — полимерная фракция твердых бытовых отходов. Также представлена технология изготовления изделий из данного материала (тротуарная плитка, смотровые люки колодцев, черепица). Приведены характеристики технологической линии и рассчитана себестоимость оборудования. Представлены отличия от традиционной линии производства аналогичных изделий. Описан процесс экструзии и представлено описание модификации экструдера.

утилизация отходов, полимерные отходы, зола-унос ТЭС, композиционный материал, технология производства, оборудование

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Проблема утилизации полимерной фракции твердых бытовых отходов (ТБО) и промышленных отходов имеет первостепенное значение для экологии и экономики Украины. Свалки и полигоны ТБО занимают огромные площади, к примеру в Донецкой области это более 500 кв. км. Отходы ТБО разлагаются, выделяя газы, токсичные фильтраты и другие опасные ядовитые вещества, загрязняющие грунтовые воды и окружающую среду.

В данной работе также рассматривается проблема утилизации золы-уноса ТЭС. Образование и содержание значительного количества золошлаковых отходов (ЗШО) является одной из экологических проблем для районов, где расположены ТЭС. Ежегодно в Украине образуется около 8 млн т ЗШО, большая часть которых складывается на золоотвалах. Золоотвалы ряда станций Украины близки к переполнению или уже переполнены, а их расширение требует значительных капитальных затрат, при этом землеотвод крайне затруднен, а в ряде случаев невозможен. Существующие методы утилизации золы не справляются с растущим количеством новообразующихся отходов ТЭС [1].

Целью настоящей работы является разработка оптимальных составов композиционных материалов на основе золы ТЭС и полимерной фракции ТБО, а также разработка технологии производства изделий из золопластовых смесей. Разработка технологической линии производства изделий из данного материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из многочисленных компонентов ТБО является их полимерная фракция: упаковочные материалы и тара, корпуса различного оборудования, бытовой техники, трубы, мебель и многое другое. Их доля превысила 12 % в общем объеме ТБО, а ежегодный прирост составляет 10–12 % [2]. Полимеры практически не разлагаются под действием естественных факторов, как это происходит с другими органическими отходами, а те из полимеров, которые медленно, но разрушаются, в процессе разложения выделяют токсичные соединения, загрязняющие окружающую среду. Существующие способы

избавления от мусора путем простого сжигания по отношению к полимерным отходам просто недопустимы из-за токсичности газовых выделений.

В работе исследована возможность использования для переработки многих видов полимерных отходов (полиэтилен, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, полипропилен), из которых наиболее перспективными являются отходы полиэтилентерефталата (ПЭТФ).

Полиэтилентерефталат составляет примерно 25 % общей массы полимерных отходов. В настоящее время это наиболее перерабатываемый полимер в мире, поскольку при переработке он легко гомогенизируется и не требует пластификации [3]. Полиэтилентерефталат – представляет собой продукт поликонденсации терефталевой кислоты, которая изготавливается на основе смол, добытых из нефти, и занимает ведущее место среди упаковочных материалов. ПЭТФ обладает следующими физико-механическими свойствами (таблица 1).

Таблица 1 – Физические свойства полиэтилентерефталата

| Свойство | Единица измерения | Значение |
|-------------------------------------|--------------------|-------------|
| Плотность | кг/м ³ | 1 360–1 400 |
| Разрушающее напряжение при изгибе | МПа | 50–70 |
| сжатии | | 80–120 |
| Модуль упругости | ГПа | 2,5–3,0 |
| Относительное удлинение при разрыве | % | 2–4 |
| Ударная вязкость | кДж/м ² | 30 |
| Водопоглощение за 24 часа | % | 0,3 |
| Температура плавления | °С | 255–265 |
| Температура размягчения | °С | 245–248 |
| Температура стеклования | °С | 70–80 |
| Морозостойкость | цикл | 500 |

В качестве второго компонента разрабатываемого композиционного материала принята зола-унос ТЭС.

Золопласт, как композиционный материал, включает в себя арматуру или армирующий материал и связующую матрицу [4]. В качестве армирующего материала используется зола-унос ТЭС, а в качестве связующего – полимерная фракция ТБО.

Данное решение позволит создать материал нового поколения, который по физико-механическим характеристикам не будет уступать бетону, а также позволит решить проблему утилизации полимерной фракции ТБО и золы-уноса ТЭС. Изделия из данного материала теоретически могут заменить аналогичные изделия, выполненные из бетона, такие как тротуарная плитка, дорожные плиты, бордюрный камень, мелкоштучные стеновые материалы, канализационные люки и другие изделия для жилищно-коммунального хозяйства.

На основании проведенных исследований была разработана технологическая линия производства изделий из золопласта.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗОЛОПЛАСТА (РИС. 1)

Технология производства золопластиковых изделий состоит из нескольких этапов.

Первый этап производства заключается в подготовке полимерного сырья (ПЭТ, полиэтилена) из полимерной фракции до техногенного уровня (достаточного для промышленного использования). Полимерные отходы после сортировки по видам сырья (ПЭТ, полиэтилен) отправляются на технологическую подготовку. ПЭТ из сырьевого склада (1), по ленточному конвейеру (2), поступает в дробилку (5), где дробится до получения однородной фракции. Полиэтилен из сырьевого склада (3) поступает в агрегат агломерации (4), затем произведенный полимерный агломерат поступает на стадию дробления. Измельченные полимеры вместе с золой, транспортирующейся ленточным конвейером из сырьевого склада (6), дозирование компонентов золополимерной смеси производится с помощью электронных весов (7), далее компоненты смешиваются до однородной массы. Далее золопластиковая смесь из склада (8) загружается с помощью шнекового конвейера (9) в двухшнековый экструдер (10). В экструдере смесь нагревается до рабочей температуры (230–270 °С) и с помощью шнеков, перемешиваясь,

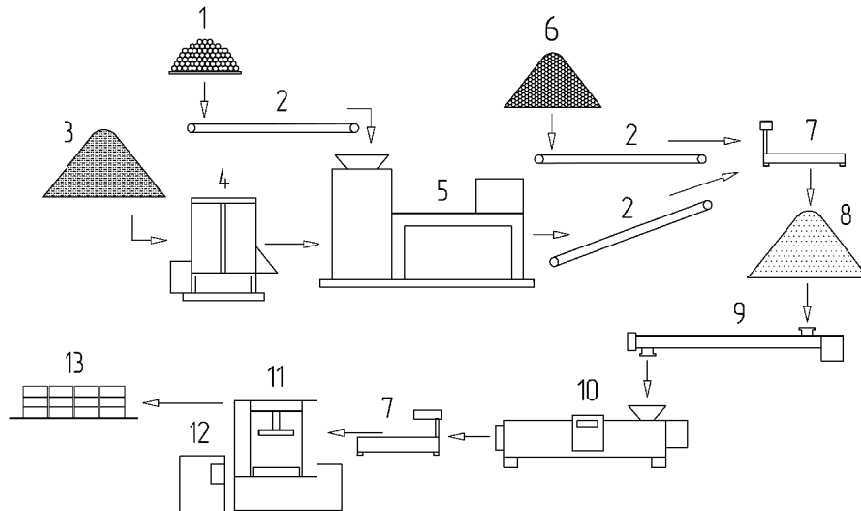


Рисунок 1 – Технологическая линия производства изделий из золопласта. Спецификация: 1 – склад вторичного ПЭТ сырья; 2 – ленточный конвейер; 3 – склад вторичного полиэтиленового сырья; 4 – агрегат для агломерации; 5 – дробилка для полимеров; 6 – склад золы ТЭС; 7 – электронные весы; 8 – склад золополимерной смеси; 9 – шнековый конвейер; 10 – экструдер; 11 – пресс с пресс-формой; 12 – система охлаждения пресс-формы; 13 – склад готовой продукции.

поступает в обогреваемый бункер, оснащенный дозатором готовой смеси, который выдает требуемую для изделия порцию смеси. Приготовленная сырьевая смесь дополнительно проходит весовой контроль на электронных весах. После чего готовая масса закладывается в пресс-форму, установленную на рабочем столе пресса (11). Пресс-форма имеет систему охлаждения (12). Формование изделия происходит прессованием с одновременным охлаждением пресс-формы. Длительность формования зависит от типа изготавливаемого изделия. По окончании выдержки на прессе изделие вынимается из пресс-формы и транспортируется на склад готовой продукции (13). На складе готовой продукции осуществляется выходной контроль качества готовой продукции (вес, геометрические размеры, наличие дефектов).

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

Производительность линии – 500 кг/ч.

Мощность необходимая для запитки оборудования предприятия от электрической сети напряжением – 380 В, не более 48 кВт.

Производственная площадь – 80–120 м².

Площадь складских помещений – 35–50 м².

Количество рабочих в смену – 5 человек (2 человека работающих на этапе загрузки сырья, 2 человека работающих на этапе отгрузки золопластиковой смеси из экструдера и последующей прессовки, 1 механик смены).

Приблизительные удельные затраты электроэнергии 17–25 кВт/ч на 1 м² готовой продукции. Изделие охлаждается при помощи водоохлаждаемой пресс-формы.

Используется водяное охлаждение замкнутого типа, что приводит к уменьшению потребления воды за счет повторного использования отработанной предварительно охлажденной жидкости и исключает выброс в окружающую среду отработанной воды.

Список оборудования используемого для производства приведен в таблице 2.

В наше время быстрыми темпами развивается производство изделий из отходов полимеров. Предприятия, работающие в данной отрасли, имеют уже сложившуюся (традиционную) схему переработки и производства полимерных изделий.

Новизна данного оборудования заключается в том, что экструдер дополнительно оснащен накопительным бункером-термосом, что дает возможность накапливать материал и при необходимости проведения ремонтных и профилактических работ производить выдачу готовой смеси, в результате чего линия по производству изделий работает непрерывно. Рабочее состояние материала поддерживается за счет изоляционного слоя бункера. Между изоляционным материалом и стенкой бункера

Таблица 2 – Состав оборудования для линии производства золопластиковых изделий

| № п/п | Наименование оборудования | Количество рабочих единиц | Производительность | Предварительная стоимость (грн.) |
|---|---|---------------------------|--------------------|----------------------------------|
| 1 | Ленточный конвейер | 3 | 25 т/ч | 40 000 |
| 2 | Измельчитель пластика | 1 | 100–150 кг/час | 97 350 |
| 3 | Измельчитель пленочных материалов (Агломератор) | 1 | 100–200 кг/час | 85 000 |
| 4 | Шнековый конвейер | 1 | 20 т/ч | 50 000 |
| 5 | Экструдер двухшнековый | 1 | 180 кг/ч | 129 750 |
| 6 | Пресс гидравлический | 1 | | 209 000 |
| 7 | Пресс-форма | 1 | – | 185 068 |
| 8 | Система охлаждения | 1 | – | 13 250 |
| 9 | Вспомогательное оборудование | – | – | 1 200 |
| Предполагаемые начальные затраты на приобретение оборудования | | | | 521 018 |

имеется пространство, в полость которого запускается водяной пар, который подогревает смесь из золы и полимеров, сохраняя пластические свойства смеси. Для подачи материала из бункера используется вращающийся шнек, производящий равномерное дозирование материала.

Также экструдер оснащен сменной выдавливающей головкой, которая задает профиль будущего изделия. Для замены головки оператору нет необходимости прилагать много усилий, это достигается за счет доступности ко всем соединительным узлам (пазам и болтовым соединениям). Замена профилирующей головки позволит быстро перейти к изготовлению нового изделия. Таким образом, предприятие расширяет номенклатуру производимой продукции и получает возможность выполнять различные заказы, как для сферы ЖКХ, так и для физических лиц. Для этого нет необходимости кардинальной перестройки производственной линии, привлечение большого количества рабочей силы, переобучения рабочего персонала, привлечения дополнительных денежных средств, закупки нового или дополнительного оборудования.

ВЫВОДЫ

Результатом данной научно-исследовательской работы является создание нового композиционного материала — золопласта, с использованием отходов золы ТЭС и полимерной фракции ТБО, а также разработана технологическая линия получения материала и изделий на его основе. Данная технология позволяет изготавливать широкую номенклатуру изделий и конструкций, используемых в строительном материаловедении, промышленном и гражданском строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве и дорожном строительстве.

Использование золы ТЭС и полимерной фракции ТБО позволило значительно сократить стоимость готовой продукции. Предлагаемое технологическое решение позволяет решить проблему утилизации этих отходов, остро стоящую на данный момент в Украине.

Рационально подобранное оборудование обеспечивает выполнение технологических операций на высоком уровне с большой производительностью и низкой себестоимостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Украина привлечет Польшу для утилизации золошлаков на своей территории [Электронный ресурс] / отредактировано автором // РБК-Україна. — 2012. — 20.09. — Режим доступа : <http://www.rbc.ua/rus/newslines/show/ukraina-privlechet-polshu-dlya-utilizatsii-zoloshlakov-na-20092012172600>.
2. Клинков, А. С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов [Текст] : Учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. — Тамбов : Издательство Тамбовского государственного технического университета, 2005. — 80 с.
3. Легонькова, О. А. Отходы PET в России: необходима утилизация [Электронный ресурс] / О. А. Легонькова, С. Фидлер // PLASTINFO. — 2012. — 23.07. — Режим доступа : <http://plastinfo.ru/information/articles/405/>.
4. Айрапетов, Г. А. Строительные материалы [Текст] : Учебно-справочное пособие / Г. А. Айрапетов, Г. В. Несветаев. — Ростов : Феникс, 2004. — 541 с.
5. Кордикова, Е. И. Полимерные и композиционные материалы [Текст] : справочное пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» / Е. И. Кордикова. — Минск : БГТУ, 2010. — 107 с.

6. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст] : Учебное пособие / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин, А. А. Берлин. — СПб. : Профессия, 2008. — 560 с.

Получено 02.10.2012

О. М. БАЧУРИН, В. В. НЕФЕДОВ, М. А. МИРОНЧИК
ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ ІЗ
ЗОЛОПЛАСТА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті описаний спосіб утилізації золи теплових електростанцій і полімерної фракції твердих побутових відходів та отримання нового композиційного матеріалу на основі цих відходів. Пропоноване технологічне рішення дозволяє розв'язати проблему утилізації цих відходів в Україні. Розроблено технологію виробництва золопласту. Золопласт як композиційний матеріал включає в себе структурувальний наповнювач і сполучну матрицю. Як наповнювач використовується зола, а як сполучальне — полімерна фракція твердих побутових відходів. Також представлена технологія виготовлення виробів з цього матеріалу (тротуарна плитка, оглядові люки колодязів, черепиця). Наведено характеристики технологічної лінії і розрахована собівартість обладнання. Представлені відмінності від традиційної лінії виробництва аналогічних виробів. Описано процес екструзії і представлено опис модифікації екструдера.

утилізація відходів, полімерні відходи, зола-винесення ТЕС, композиційний матеріал, технологія виробництва, обладнання

ALEKSEY BACHURIN, VLADISLAV NEFEDOV, NICHOLAS MIRONCHIK
TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF ASH STRATUM
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This paper describes a method of disposal of ash of thermal power plants and the polymer fraction of municipal solid waste, and receive a new composite material based on waste. The proposed technological solution allows to solve the problem of disposal of the waste in Ukraine. The technology of production ash stratum has been designed. Ash stratum as composite material includes structuring filler and binder matrix. Ash is used as filler, and as a binder — polymer fraction of municipal solid waste. Also featuring technology for manufacturing products from this material (pavers, manholes wells, tile) has been represented. The characteristics of the production line and the calculated cost of the equipment has been given. Differences from traditional lines of production of similar products have been represented. The process of extrusion and describes the modification of the extruder has been explained.

recycling, plastic waste, fly ash thermal power plants, composite material, production technology, equipment

Бачурін Олексій Микитович — кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури, начальник відділу інтелектуальної власності. Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенних твердих побутових відходів у композиційні будівельні матеріали.

Нефедов Владислав Васильович — студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: особливості патентування, технологія будівельних матеріалів, утилізація промислових і твердих побутових відходів, композиційні матеріали.

Мирончик Микола Анатолійович — студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: механіка виробництва та дорожнього будівництва, обладнання для виробництва будівельних матеріалів.

Бачурин Алексей Никитович — кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, начальник отдела интеллектуальной собственности. Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенных твердых бытовых отходов в композиционные строительные материалы.

Нефедов Владислав Васильевич — студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: особенности патентования, технология строительных материалов, утилизация промышленных и твердых бытовых отходов, композиционные материалы.

Мирончик Николай Анатольевич – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: механика производства и дорожного строительства, оборудование для производства строительных материалов.

Aleksey Bachurin – PhD (Eng.), an Assistant Professor, Technology of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Head of Intellectual Property. Research interests: the development of efficient technologies for processing of man-made solid waste in composite building materials.

Vladislav Nefedov – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: features patenting technology of building materials, recycling of industrial and municipal solid waste, composite materials.

Nicholas Mironchik – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: mechanics of production and road, construction equipment for the production of building materials.