

УДК 678+691.002.8

А. Н. БАЧУРИН, В. В. НЕФЕДОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ И ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

В статье представлена разработка, направленная на создание полимерных композиционных материалов на основе золошлаковых отходов тепловых электростанций и вторичного полиэтилентерефталата. Предлагаемое технологическое решение позволяет создать экономически выгодный конструкционный материал, а также решить существующую проблему утилизации вышеуказанных отходов. Исследуемый полимерный композиционный материал включает в себя дисперсный наполнитель и полимерное связующее (матрицу). В качестве дисперсного наполнителя используется молотый отвальный шлак тепловых электростанций, а в качестве полимерного связующего – вторичный полиэтилентерефталат, полученный переработкой ПЭТ-тары. В статье приведены результаты исследования характеристик наиболее распространенных полимеров с целью подбора сырьевого компонента для полимерного связующего. Разработана технология изготовления образцов исследуемого материала в лабораторных условиях. Также представлены результаты исследования некоторых физико-механических свойств образцов полимерного композита, изготовленных в лабораторных условиях и приведено сравнение физико-механических свойств образцов с различным соотношением сырьевых компонентов по массе.

полимерные отходы, золошлаковые отходы, отвальный шлак, полимерный композиционный материал, полиэтилентерефталат

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Топливо-энергетический комплекс Украины на 67,5 % представлен тепловыми электростанциями (ТЭС) [1]. Золошлаковые отходы (ЗШО), образующиеся от сжигания угля на ТЭС, являются крупнотоннажными отходами. В основном золошлаки транспортируются в виде пульпы низкой концентрации для размещения в гидрозолоотвалах, которые являются одним из главных источников загрязнения окружающей среды. На территории только Донецкой области расположено 6 ТЭС, в отвалах которых хранится более 5 млн м³ золошлаковых отходов [2].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью настоящей работы является разработка составов полимерного композиционного материала на основе молотого шлака ТЭС и вторичного полиэтилентерефталата, извлеченного из полимерной фракции ТБО, основываясь на исследовании их физико-механических свойств.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованы физико-химические свойства отходов термопластичных полимеров [3]: полиэтилентерефталата (ПЭТФ), поливинилхлорида (ПВХ) и полиэтилена высокого и низкого давления (ПЭВД, ПЭНД). Сравнение характеристик указанных полимеров приведено в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что наиболее соответствующими по конструктивным характеристикам полимерами для производства на их основе полимерных композитов являются полиэтилентерефталат и поливинилхлорид. Данные полимеры имеют близкие значения механических характеристик, а основным отличием является то, что ПЭТФ более склонен к горению, по сравнению с ПВХ, из-за меньшего кислородного индекса. ПВХ является самозатухающим материалом. В отличие от ПВХ ПЭТФ горюч (класс горючести В1). Также стоит отметить, что ПЭТФ об-

Таблица 1 – Характеристики полимеров

Свойства	Наименование полимера			
	ПЭТФ	ПЭНД	ПЭВД	ПВХ
Средняя плотность, г/см ³	1,33–1,45	0,931–0,970	0,900–0,939	1,35–1,43
Температура плавления, °С	250–265	125–132	103–110	100–260
Температура стеклования, °С	67–81	120–125	96–104	75–80
Диапазон рабочих температур, °С	–60...+170	–260...+120	–260...+100	–15...+80
Предел прочности при сжатии, МПа	80–120	18–29	14–17	60–160
Предел прочности при изгибе, МПа	50–70	19–35	12–20	70–120
Предел прочности при растяжении, МПа	172	24	22	40–70
Водопоглощение, %	0,3	0,03–0,04	0,020	0,1
Кислородный индекс, %	24,8	17,8	17,8	36,2

ладает более широким диапазоном рабочих температур. Ввиду того, что проблема утилизации вторичного ПЭТФ является более приоритетной, данный полимер выбран в качестве сырьевого компонента для композита. Полиэтилентерефталат обладает высокой механической прочностью, ударостойкостью, устойчивостью к истиранию и многократным деформациям при растяжении и изгибе, а также сохраняет свои высокие ударостойкие и прочностные характеристики в рабочем диапазоне температур от –60 до 170 °С. Термодеструкция полиэтилентерефталата происходит в температурном диапазоне 290–310 °С. Основными летучими продуктами, выделяющимися при деструкции, являются терефталевая кислота, уксусный альдегид и монооксид углерода. При 900 °С генерируется большое число углеводородов. В основном летучие продукты состоят из диоксида углерода, монооксида углерода и метана [3]. В качестве дисперсного наполнителя для ПКМ использована измельченная отвальная золошлаковая смесь Зуевской электростанции.

Для получения опытных образцов использовалась экспериментальная установка, представляющая собой прототип лабораторного одношнекового экструдера. Схема используемой установки представлена на рисунке 1.

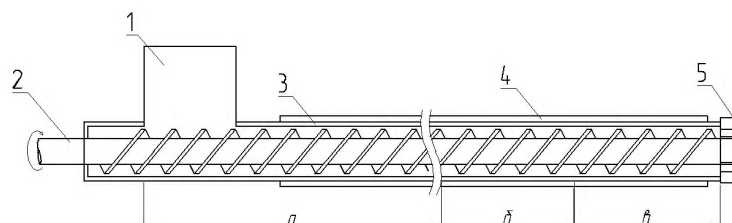


Рисунок 1 – Схема лабораторного одношнекового экструдера: 1 – загрузочный бункер; 2 – шнек; 3 – материалный цилиндр; 4 – нагревательные элементы; 5 – выходное отверстие головки экструдера; а – зона загрузки; б – зона сжатия; в – зона гомогенизации.

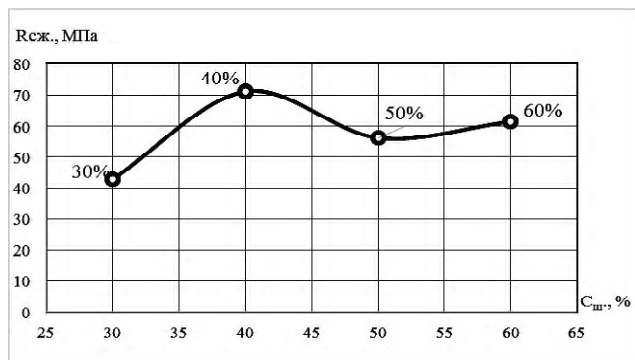
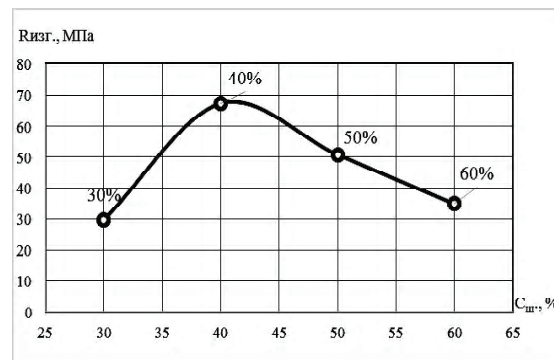
Для испытания и сравнения физико-механических свойств образцов полимерного композита изготовлено четыре состава композита с различным содержанием ПЭТФ и шлака, что позволило определить влияние соотношения компонентов на свойства материала. Образцы испытывались в соответствии с действующей нормативной документацией для пластмасс на предел прочности при изгибе и сжатии, а также была определена средняя плотность образцов. На основании выполненных испытаний (табл. 2) были составлены графики зависимости прочностных характеристик исследуемого материала от процентного содержания ПЭТФ в композите, которые приведены на рис. 1 и 2.

Опираясь на результаты проведенных испытаний, установлено, что концентрация частиц наполнителя, введенных в полимер, приводит к снижению предела прочности при сжатии и изгибе. Введение наполнителя приводит к появлению в полимерной матрице начальных дефектов, которые являются источником зарождения трещин [6].

Однако при концентрации наполнителя в полимере 60 % по массе прочностные свойства композита выше, чем при концентрации 70 %. Предполагается, что данное уменьшение прочности обусловлено дефектами, источником которых является поверхность раздела фаз, образовавшаяся вследствие не полной смачиваемости поверхности частиц наполнителя полимерным связующим [4–7].

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов

Характеристика	Составы образцов композита			
	60 % шлака	50 % шлака	40 % шлака	30 % шлака
Предел прочности при изгибе, МПа	34,48	50,8	67,4	29,74
Предел прочности при сжатии, МПа	61,57	56,27	71,2	42,85
Средняя плотность, кг/м ³	1 761	1 662	1 466	1 310

Рисунок 2 – Зависимость предела прочности при сжатии ($R_{сж.}$) от концентрации наполнителя ($C_{ш.}$).Рисунок 3 – Зависимость предела прочности при изгибе ($R_{изг.}$) от концентрации наполнителя ($C_{ш.}$).

При сравнении с наиболее близким известным аналогом (песчано-полимерным материалом) [8] установлено, что разработанный полимерный композиционный материал превосходит его по прочностным характеристикам (табл. 3).

Таблица 3 – Физико-механические характеристики композиционных материалов

Характеристика	Материал	
	ПКМ (40 % шлака)	Песчано-полимерный материал
Предел прочности при изгибе, МПа	67,4	17–25
Предел прочности при сжатии, МПа	71,2	17–18
Средняя плотность, кг/м ³	1 466	1 650–1 800

ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТЫ

На основании определения физико-механических характеристик образцов разработанного полимерного композиционного материала определен состав сырьевой смеси. При сравнении прочностных свойств с ближайшим аналогом, выявленным в результате патентно-информационного поиска, установлено, что разработанный материал превосходит аналог более чем в 2 раза, а также имеет более низкую среднюю плотность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топливо-энергетические ресурсы Украины: стат. сборник [Текст] / [под ред. Пищейко В. О.]. – К. : Государственная служба статистики Украины, 2013. – 334 с.
2. Звягильский, Е. Л. О необходимости широкой модернизации угольной промышленности Украины: науч. доклад [Текст] / Е. Л. Звягильский, Ю. Л. Залознова // НАН Украины, Институт экономики промышленности. – Донецк, 2012. – 68 с.
3. 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. – ISBN 5-8265-0424-2.
4. Бобрышев, А. Н. Прочность и долговечность полимерных композитных материалов [Текст] : Учебное пособие / А. Н. Бобрышев, В. Н. Козомазов, Р. В. Козомазов [и др.] ; под редакцией В. И. Соломатова. – Липецк : НПО «ОРИУС», 1994. – 153 с.

5. Бобрышев, А. Н. Синергетика композитных материалов [Текст] : Учебное пособие / А. Н. Бобрышев, В. Н. Козмазов, Л. О. Бабин, В. И. Соломатов. – Липецк : РПГФ «Юлис», 2006. – 170 с. – ISBN 5-7876-0029-0.
6. Бобрышев, А. Н. Физико-механика долговечности и прочности композитных материалов [Текст] : Учебное пособие / А. Н. Бобрышев, А. Ф. Гумеров, Д. Е. Жарин [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, ГОУ ВПО «Кам. гос. инж.-экон. акад.». – М. : Academia, 2007. – 226 с. – ISBN 978-5-87444-338-2.
7. Бобрышев, А. Н. Эпоксидные и полиуретановые строительные композиты [Текст] : Учебное пособие / А. Н. Бобрышев, Д. Е. Жарин, Е. В. Кондратьева [и др.]. – Саратов : Саратов. гос. техн. университет, 2005. – 159 с. – ISBN 5-7433-1566-3.
8. Пат. 2170716 Российская Федерация, C04B26/02, B29B17/00. Песчано-полимерный материал [Текст] / Тарасенко А. М., Жуков А. И., Манес Михаэль ; патентообладатели Тарасенко А. М., Жуков А. И., Манес Михаэль. – № 2000116996/12 ; заявл. 30.06.2000 ; опубл. 20.07.2001, Бюл. № 4. – 5 с.

Получено 08.12.2014

А. М. БАЧУРИН, В. В. НЕФЕДОВ
ПОЛІМЕРНИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ
І ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ
 Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті представлена розробка, що спрямована на створення полімерних композиційних матеріалів на основі золошлакових відходів теплових електростанцій і вторинного поліетилентерефталату. Пропоноване технологічне рішення дозволяє створити економічно вигідний конструкційний матеріал, а також вирішити існуючу проблему утилізації вищеназаних відходів. Досліджуваний полімерний композиційний матеріал включає в себе дисперсний заповнювач і полімерне в'язуче (матрицю). Як дисперсний заповнювач використовується мелений відвальний шлак теплових електростанцій, а як полімерне в'язуче – вторинний поліетилентерефталат, отриманий переробкою ПЕТ-тари. У статті наведені результати дослідження характеристик найбільш поширених полімерів з метою підбору сировинного компонента для полімерного в'язучого. Розроблено технологію виготовлення зразків досліджуваного матеріалу в лабораторних умовах. Також представлені результати дослідження деяких фізико-механічних властивостей зразків полімерного композиту, виготовлених в лабораторних умовах, і наведено порівняння фізико-механічних властивостей зразків з різним співвідношенням сировинних компонентів за масою.

полімерні відходи, золошлакові відходи, відвальний шлак, полімерний композиційний матеріал, поліетилентерефталат

ALEXEY BACHURIN, VLADISLAV NEFEDOV
THE POLYMER COMPOSITE MATERIAL BASED ON POLYMER AND ASH
WASTE
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The article presents the design, aimed at creating polymer composite materials based on ash waste heat power plants and recycled polyethylene terephthalate. The proposed technological solution allows you to create a cost-effective construction material, as well as to solve the existing problem of disposal of waste above. Analyzed polymer composite material comprises a particulate filler and a polymer binder (matrix). As the particular filler used ground waste slag thermal power plants, as well as a polymeric binder – secondary polyethylene produced by processing of PET containers. The paper presents the results of a study of the most common characteristics of polymers in order to select the feed component for the polymeric binder. The technology of manufacturing samples of the material tested in the laboratory. Also the results of investigation of some physical and mechanical properties of the composite polymer samples produced in the laboratory and is a comparison of the physical and mechanical properties of the samples with different ratios of the raw materials by weight.

polymer waste, slag waste, polymer composite material, polyethylene terephthalate

Бачурін Олексій Микитович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій 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 – асистент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: особливості патентування, технологія будівельних матеріалів, утилізація промислових і твердих побутових відходів, полімерні композиційні матеріали.

Бачурин Алексей Никитович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий 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 – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: особенности патентования, технология строительных материалов, утилизация промышленных и твердых бытовых отходов, полимерные композиционные материалы.

Bachurin Aleksey – PhD (Eng.), Associate Professor, Building Structures Technology, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective techniques of processing of technogenic municipal solid wastes into composite buildings materials.

Nefedov Vladislav – Assistant, Building Structures Technology, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Building and Architecture. Scientific interests: features patenting, technology of building materials, recycling of industrial and municipal solid waste, polymer composite materials.