

Анализ вторичного использования отходов производства плитного утеплителя на основе вспененного пенополиизоцианурата (PIR)

Д.А. Ильин^{1,2}, Д.С. Голотенко¹

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

²ООО «ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы»

Аннотация: В данной работе представлен анализ результатов исследований, которые касаются рационального использования отходов производства плитного утеплителя на основе пенополиизоцианурата (PIR). Рассмотрено его применение в качестве заполнителя для конструкционно-теплоизоляционных материалов на основе цементного и гипсового вяжущих, описываются оптимальные составы для получения изделий, отвечающих требуемым эксплуатационным характеристикам.

Ключевые слова: пенополиизоцианурат, PIR, теплоизоляция, отход производства, вторичное использование, цементное вяжущее, гипсовое вяжущее, лёгкие бетоны.

Введение

В настоящее время перед строительной индустрией стоят две основные проблемы: экологичность производства материалов и изделий, в том числе безотходное производство, и повышение теплозащиты зданий и сооружений, чтобы избежать тепловых потерь. Энергоэффективные и энергосберегающие технологии [1] позволяют решать эти проблемы, но в связи с постоянным развитием необходим поиск новых технологических решений для производства конструкционно-теплоизоляционных материалов [2].

Использование ячеистых и легких бетонов в полной мере решает проблему тепловых потерь в зданиях и сооружениях, но производство большинства из них не соответствует современным тенденциям с экологической точки зрения. Безотходное производство или возможность переработки отходов производства является важной составляющей любого предприятия строительной индустрии [3].

На данный момент существует необходимость утилизации органических полимерных отходов. Один из таких отходов образуется в процессе производства плитного утеплителя на основе

пенополиизоцианурата (PIR) [4]. Его можно использовать в качестве заполнителя для конструкционно-теплоизоляционных изделий, аналогично пенополистиролу.

Использование отходов плит PIR на основе пенополиизоцианурата в качестве заполнителя для легких бетонов позволит решить экологическую проблему переработки отходов предприятий строительной индустрии и расширит номенклатуру изделий для теплозащиты зданий и сооружений.

В данной работе представлен анализ использования пенополиизоцианурата как заполнителя для материалов на различной матрице. Приведены результаты исследований подбора оптимальных составов для производства изделий, отвечающим требуемым характеристикам.

Плитный утеплитель PIR

Плитный утеплитель PIR (рис. 1) – это теплоизоляционный материал нового поколения, физико-механические свойства которого превосходят свойства других полимеров, например, водопоглощение не более 1% при длительном погружении, группа горючести Г1, теплопроводность составляет 0,021 Вт/(м·К), что является рекордно низким показателем. Структура PIR представляет собой герметично замкнутые полимерные ячейки, заполненные специальным газом.



Рис. 1. – Плитный утеплитель PIR

PIR – это модифицированный пенополиуретан, с преобладанием в составе изоцианатной группы и меньшим количеством полиола. С

химической точки зрения полиизоцианурат относится к реактопластам, то есть в процессе обработки происходит необратимая химическая реакция, приводящая к образованию неплавкого и нерастворимого материала. Таким образом, PIR обладает высокой химической и термической стабильностью свойств.

Отход плит PIR представляет собой крошку теплоизоляционных плит на основе пенополиизоцианурата, которую получают в процессе обрезки готовых изделий различных фракций от 0,8 до 5 мм (рис. 2 и 3).



Рис. 2. – Крошка PIR



Рис. 3. – Измельченный PIR

Применение отхода производства теплоизоляционных плит PIR

В анализируемых работах измельчённый плитный утеплитель PIR использовался в качестве заполнителя для конструкционно-теплоизоляционных изделий на основе цементных и гипсовых вяжущих.

Из анализируемых работ известно, что изделия на цементной матрице с использованием PIR в качестве заполнителя не отвечают эксплуатационным требованиям по прочности, так как прочность создаётся только за счёт контактов крошки утеплителя с цементом, но этого не достаточно для получения прочной матрицы. К тому же требуется большой расход цемента для обволакивания заполнителя, что экономически нецелесообразно. Поэтому необходимо вводить микрозаполнители как для снижения расхода цемента, так и для повышения прочностных характеристик.

В работе [5] данная проблема решается путём подбора следующего состава бетонной смеси: портландцемент, молотая кремнистая опока, отход производства теплоизоляционных плит PIR на основе пенополиизоцианурата и суперпластификатор на основе эфира полиарила. Таким образом, бетонные смеси с подобным составом обладают повышенным показателем прочности при сжатии (значение предела прочности на сжатие на 28-е сутки равно 6 МПа), большей морозостойкостью (75 циклов) и меньшей теплопроводностью (0,061 Вт/(м•С)).

В исследовании [6] повышения прочности готовых изделий достигали введением в состав бетонной смеси комплексного органоминерального модификатора Melment F-10. В данном случае, показатель предела прочности на сжатие на 28-е сутки составлял 5,5 МПа.

Таким образом, модифицирование состава бетонной смеси суперпластификатором позволяет достичь необходимых эксплуатационных характеристик и делает изделия, в которых в качестве заполнителя используется крошка теплоизоляционных плит PIR, конкурентноспособными на рынке конструкционно-теплоизоляционных материалов.

Также отличительной особенностью бетона, в котором в качестве заполнителя используется отход производства теплоизоляционных плит PIR, является большая разница в плотности заполнителя и цементной матрицы. Благодаря небольшой плотности крошки PIR можно производить изделия с определённой плотностью, которая отвечает заданным требованиям [7].

Известно об использовании отходов плитного утеплителя PIR в качестве заполнителя для изделий на гипсовом вяжущем (рис. 4) [8].



Рис. 4. – Гипсовый материал с применением добавки PIR

В рассматриваемом исследовании были приведены следующие результаты: применение крошки PIR повышает теплоизоляционные свойства гипсовых изделий (полученный материал составляет конкуренцию пазогребневым плитам), они обладают водоотталкивающей способностью, соответствующим значением прочности, так как наполнитель на основе PIR является армирующим каркасом [9]. Но для поддержания требуемых характеристик по прочности необходимо повышать марку гипса, так как результаты испытаний показали, что при использовании крошки PIR в гипсовых материалах прочность таких изделий снижается на 2 порядка. Однако затраты на использование более дорогостоящего сырья снижаются благодаря уменьшению его количества в составе композиции из-за использования добавки. Дальнейшие работы по подбору оптимального состава подобных изделий могут привести к получению влагостойкого гипсового материала [10], который может стать серьезным конкурентом гипсокартону и другим гипсовым изделиям [11].

Заключение

Детальный анализ приведенных в данной работе исследований показывает, что применение отходов производства плитного утеплителя PIR

отвечает современным требованиям к производству строительных материалов, а получаемые конструкционно-теплоизоляционные изделия в будущем могут занять хорошую позицию на строительном рынке.

Основные преимущества использования крошки PIR в качестве заполнителя для теплоизоляционных материалов следующие:

- утилизация отходов производства строительной индустрии, положительное влияние на экологию;
- расширение номенклатуры конструкционно-теплоизоляционных материалов;
- перспективное направление по созданию технологии получения энергоэффективных легких бетонов;
- возможность получения влагостойких гипсовых изделий.

Дальнейшие исследования в данном направлении позволят оптимизировать составы для получения материалов с более высокими эксплуатационными характеристиками, при этом упрощая технологию их производства.

Литература

1. Лапина О.А., Лапина А.П. Энергоэффективные технологии // Инженерный вестник Дона, 2015, №1, ч.2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2849.
2. Безденежных М.А., Муниева Э.Ю., Жуков А.Д. Строительные материалы и экология // Перспективы науки. Тамбов. 2017. № 11 (98). С. 39-42.
3. Гальцева Н.А., Попов П.В., Котов Д.А., Голотенко Д.С. Вторичное использование отходов промышленности // Инженерный вестник Дона, 2022, №5 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7651.

4. Václavík, Vojtěch, Dvorský, Tomáš, Dirner, Vojtech, Jaromír, Daxner, Martin, Šťastný. Polyurethane foam as aggregate for thermal insulating mortars and lightweight concrete. *Tehnicki Vjesnik*, 2012, 19, 665-672.

5. Тимохин Д. К., Головнов Е.С., Страхов А.В. Состав смеси для изготовления легкого бетона. Пат. 2717502 Российская Федерация, МПК С 04 В 38/08.; заявитель и патентообладатель СГТУ имени Гагарина Ю.А.. – № 2019102578; заявл. 30.01.19; опубл. 24.03.20, Бюл. № 9.

6. Тимохин, Д.К., Головнов Е.С., Асафьева С.С. Аспекты применения отхода пенополиизоцианурата PIR плит в качестве заполнителя для легких бетонов. *Фундаментальные основы строительного материаловедения*, Белгород, 06–11 октября 2017 года, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (Белгород), pp: 403-407.

7. Хегай, Е.А., Зинченко С.М., Козлов Н.А. Энерго- и ресурсосберегающие технологии при производстве ячеистого бетона// *Эффективные рецептуры и технологии в строительном материаловедении* : сб. Междунар. науч.-техн. конф., г. Новосибирск, 14-17 февр. 2017 г. / НГАУ. - Новосибирск, 2017 - С. 140-141.

8. Бурьянов А.Ф., Морозов И.В., Гальцева Н.А., Локтионова А.А., Шалимов В.Н., Ильин Д.А. Исследование эффективных способов использования отходов производства теплоизоляционных плит PIR // *Строительные материалы*. 2019 № 3 С. 68–72.

9. Bouzit, S., Laasri, S., Taha, M., Laghzizil, A., Hajjaji, A., Merli F., Buratti C.: Characterization of Natural Gypsum Materials and Their Composites for Building Applications // *Applied Sciences*. 2019. 9(12). Pp. 1-15.

10. Коровяков В.Ф. Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий // *Строительные материалы*. 2008 № 3 С. 65–67.

11. Бабков А.Ю. Линии и установки по производству пенополиуретановых сэндвич-панелей // Пластические массы. 2007 № 3 С. 20–23.

References

1. Lapina O.A., Lapina A.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №1, ch.2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2849.

2. Bezdenezhnykh M.A., Munieva E.Yu., Zhukov A.D. Prospects of science. Tambov. 2017. No. 11 (98). pp. 39-42.

3. Gal'tseva N.A., Popov P.V., Kotov D.A., Golotenko D.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №5 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7651

4. Václavík, Vojtěch, Dvorský, Tomáš, Dirner, Vojtech, Jaromír, Daxner, Martin, Šťastný. Polyurethane foam as aggregate for thermal insulating mortars and lightweight concrete. Tehnicki Vjesnik, 2012, 19, 665-672.

5. Timokhin D. K., Golovnov E.S., Strakhov A.V. Sostav smesi dlya izgotovleniya legkogo betona [The composition of the mixture for the manufacture of lightweight concrete]. Pat. 2717502 Rossiyskaya Federatsiya, MPK S 04 V 38/08. заявитель i патентообладатель SGTU imeni Gagarina Yu.A. № 2019102578; заявл. 30.01.19; опubl. 24.03.20, Byul. № 9.

6. Timokhin, D.K., Golovnov YE.S, Asaf'yeva S.S. Fundamental'nyye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya, Belgorod, 06–11 oktyabrya 2017 goda, Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova (Belgorod), pp: 403-407.

7. Khegay, E. A., Zinchenko S. M., Kozlov N.A. Effektivnye retseptury i tekhnologii v stroitel'nom materialovedenii: sb. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., g. Novosibirsk, 14-17 fevr. 2017 g. NGAU. Novosibirsk, 2017. pp. 140-141.

8. Bur'yanov A.F., Morozov I.V., Gal'tseva N.A., Loktionova A.A., Shalimov V.N., Il'in D.A. Stroitel'nye materialy. 2019 № 3. pp. 68–72.



9. Bouzit, S., Laasri, S., Taha, M., Laghzizil, A., Hajjaji, A., Merli F., Buratti C. Applied Sciences. 2019. 9(12). Pp. 1-15.
10. Korovyakov V.F. Stroitel'nye Materialy. 2008 No. 3, pp. 65–67.
11. Babkov A.Yu. Plasticheskiye massy. 2007 No. 3, pp. 20–23.