

УДК 552.313+666.3/.7+ 575
DOI: 10.36979/1694-500X-2024-24-8-112-117

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ
БАЗАЛЬТОВОГО РАСПЛАВА ПРИ ВОЛОКНООБРАЗОВАНИИ
В ПОЛУЧЕНИИ ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТОВ**

Ж.К. Айдаралиев, А.Т. Кайназаров

Аннотация. Показана возможность применения отходов базальтового расплава при волокнообразовании в качестве наполнителя гипсовых композитов. Отмечено, что подготовка отходов базальтового расплава как наполнителя имеет первостепенное значение при их применении для создания композиционных материалов. Приведен фракционный состав накопленного отхода базальтового расплава, определены преобладающие формы и размеры зерен во фракционных составах после измельчения шаровой мельницей. Методом пластичного формования получены опытные образцы гипсовых композитов с отходами базальтового расплава фракционного состава менее 0,315 мм. Исследованы физико-механические свойства полученного композиционного материала. Установлен оптимальный состав композита: 10 % отходов базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм в виде порошка, 90 % – гипс.

Ключевые слова: отходы базальтового расплава; волокнообразование; композит; наполнитель; адгезия; фракционный состав; прочность.

**БАЗАЛЬТ ЭРИТИНДИСИН БУЛАГА АЙЛАНДЫРУУ УЧУРУНДА
ПАЙДА БОЛГОН КАЛДЫКТАРЫН ГИПС КОМПОЗИТИН АЛУУДА
КОЛДОНУУ МҮМКҮНЧҮЛҮКТӨРҮН ИЗИЛДӨӨ**

Ж.К. Айдаралиев, А.Т. Кайназаров

Аннотация. Макалада, базальт эритиндисинин булага айландыруу учурунда пайда болгон калдыктарын гипс композитин алууда колдонуу мүмкүнчүлүктөрү изилденди. Базальт эритиндисинин калдыктарын бекемдегич катары даярдоо, композиттик материалдарды алуу тармагында калдыктарды колдонууда өзгөчө маанилүүлүгү көрсөтүлдү. Базальт эритиндисинин топтолгон калдыктарынын фракциялык курамы келтирилди жана шар тегирименинде майдалангандан кийинки фракциялык курамдарда формалары жана өлчөмдөрү боюнча басымдуу болгон бүртүкчөлөр аныкталды. Калыпка келтирүүнүн пластикалык ыкмасынын жардамында базальт эритиндисинин калдыктарын 0,315 ммден аз өлчөмдөгү фракциялык курамы менен гипс композиттеринин тажрыйбалык үлгүлөрү алынган. Алынган композиттердин физика – механикалык мүнөздөмөлөрү жүргүзүлгөн эксперименттер аркылуу изилденди. Эксперименттин жыйынтыгы боюнча композиттин оптималдуу курамы төмөнкүчө белгиленди: порошок түрүндөгү базальт эритиндисинин калдыктарын 0,315 ммден аз өлчөмдөгү фракциялык курамы - 10% , калган 90%ы гипс.

Түйүндүү сөздөр: базальт эритиндисинин калдыгы; булага айландыруу; композит; бекемдегич; адгезия; фракциялык курамы; бекемдик чеги.

**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING WASTE
FROM BASALT MELTING FOR FIBER FORMATION
IN THE PRODUCTION OF GYPSUM COMPOSITES**

Zh.K. Aydaraliev, A.T. Kainazarov

Abstract. This paper presents the possibility of using waste from basalt melting for fiber formation as filler in gypsum composites. It is shown that the preparation of waste from basalt melting as a filler is of paramount importance when

using waste in the field of composite materials creation. The fractional composition of accumulated waste from basalt melting is provided, and the predominant forms and sizes of grains in fractional compositions after grinding in a ball mill are determined. Experimental samples of gypsum composites with waste from basalt melting of fractional composition with sizes less than a millimeter were obtained using the method of plastic molding. An experimental study of the physico-mechanical properties of the obtained composite material was carried out. Based on the results of the experiments, the optimal composition of the composite was determined to be as follows: 10% - waste from basalt melting for fiber formation with fractions less than 0.315mm in the form of powder, and 90% gypsum.

Keywords: Waste from basalt melting; fiber formation; composite; filler; adhesion; fractional composition; strength.

Введение. Известно, что композит – это материал, состоящий из двух или более компонентов. Их сочетание позволяет получить улучшенные свойства, которые ни один из них не проявляет, когда существует как отдельная фаза [1, 2].

С целью улучшения эксплуатационных свойств композитов и сокращения расходов матричного материала, используют наполнители, способные армировать структуру композиционного материала. Наиболее освоенным методом улучшения эксплуатационных показателей композиционных материалов является подбор компонентов и количественного соотношения связующих веществ и армирующих наполнителей.

В работе [3] исследовано влияние дисперсной добавки отходов базальтового волокна на эксплуатационные характеристики гипсового материала. Результаты исследования показали, что оптимальное содержание добавки отходов базальтовых волокон по показателям прочности гипсового композита и удобоукладываемой сырьевой смеси составило 10 %. В статье [4] приведены результаты влияния механоактивации на прочностные характеристики системы «цемент-тонкодисперсный наполнитель». Полученные результаты дают основание полагать, что применение активных наполнителей в цементных системах позволит заменить часть вяжущего вещества без потери прочности и корректировок водоцементного отношения, что является одним из аспектов создания энерго- и ресурсосберегающей технологии в области строительного материаловедения.

Цель работы – исследование влияния измельченных в шаровой мельнице отходов базальтового расплава при волокнообразовании в качестве наполнителя в гипсовых композитах. Практический интерес также представляет изучение влияния поверхностных свойств измельчаемых материалов на физико-механические свойства конечного композита.

Материалы эксперимента. В процессе волокнообразования базальтового расплава образуются технологические отходы в виде застывшего расплава сферической, каплеобразной и вытянутой формы (рисунок 1) [5].



Рисунок 1 – Отходы базальтового расплава

Частицы отходов имеют различного рода дефекты в виде пор и раковин. Фракционный состав отходов базальтового состава приведен в таблице 1.

Отходы базальтового расплава размерами более 5 мм (56 %) используются как вторичное сырье для производства базальтовых волокон. Остальные мелкие фракции (44 %) отходов предлагается использовать как активный наполнитель для получения композиционных материалов на основе связующих веществ [6].

В связи с этим, была исследована возможность утилизации отходов базальтового расплава в процессе волокнообразования при получении модифицированного гипсового композита с улучшенными физическо-механическими параметрами.

В качестве матрицы гипсовых композиций выбраны гипсовые связующие «Г 5-6» Иса-Практик (местный) и «Г 3-5» Алина (Казахстан). Характеристика гипсовых связующих приведена в таблице 2.

Экспериментальная часть. При подготовке отходов базальтового расплава, как наполнителя, их измельчали в шаровой мельнице, затем определяли преобладающие формы и размеры зерен во фракционных составах. Фракционный состав отходов базальтового расплава при волокнообразовании после измельчения в шаровой мельнице, приведен в таблице 3.

Затем были в них определены преобладающие размеры и формы зерен. Анализ проводили на бинокулярном микроскопе марки МБС-2 (производства ЛОМО). Результаты исследований формы и размера зерен в пробах приведены в таблице 4.

Смеси композита были составлены из следующих компонентов: отходы базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм – 5–15 %, остальное – гипс. Для определения оптимального состава композита были подготовлены смеси с различным содержанием компонентов.

Влияние отходов базальтового расплава при волокнообразовании с фракциями менее 0,315 мм в качестве наполнителя на физико-механические показатели гипсовых композиций, исследовали на стандартных образцах-балочках 40×160×40 см. После 7-суточного твердения в нормальных температурно-влажностных условиях образцы были высушены при температуре 100 °С до постоянного веса.

Показатели зависимости физико-механических гипсовых композиций от содержания отходов базальтового расплава при волокнообразовании фракций меньше 0,315 мм, приведены в таблице 5.

Результаты экспериментов показали, что высокими пределами прочности обладают образцы состава № 3 и № 7. Образец состава № 3 содержит 90 % гипса «Г 5-6» Иса-Практик (местный) и 10 % отходов базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм. Предел прочности сцепления с основанием композиций гипса «Г 5-6» Иса-Практик с отходами базальтового расплава при волокнообразовании находится в интервале от 0,89 до 1,71 МПа.

Образец состава № 7 содержит 90% гипса «Г 3-5» Алина и отходы базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм.

Предел прочности сцепления с основанием композиций гипса «Г 3-5» Алина с отходами базальтового расплава находится в интервале от 0,77 до 1,79 МПа. За счет затекания гипсовой смеси в поры и трещины, на поверхности отходов базальтового расплава происходит механическое сцепление с последующим затвердением. Механическое сцепление отходов базальтового расплава при волокнообразовании и гипсовой смеси играет важную роль в определении прочности адгезионного соединения.

Таблица 1 – Фракционный состав отходов производства базальтовых волокон в процессе волокнообразования

Показатель	Фракционный состав – d, мм, в %							Общ.
	5	5–2,5	2,5–1,25	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,14	<0,1414	
Отходы базальта	56	13,94	11,81	13,7	3,11	1,29	0,15	100
Объемная масса, кг/м ³	960	840	1260	1300	1360	1360	1320	1270
Ист. плотность, кг/м ³	2422	2301	2946	3440	3105	3902	2628	3029

Таблица 2 – Характеристика гипсовых связующих

№ п/п	Показатель	Гипс «Г 5-6» Иса-Практик, местный	Гипс «Г 3-5» Алина, Казахстан
1	Гранулометрический состав, %	0,1	0
	0,63 мм		
	0,315 мм		
	0,2 мм		
	менее 0,2 мм	95,00	99,8
2	Насыпной плотность, кг/м ³	750–850	950–1050
3	Сроки схватывания, мин		
	начало, не ранее	9,0–13,0	10,0–13,0
	конец, не позднее	12,0–17,0	12,0–18,0
4	Прочность при сжатии, не менее	4,0	5,0
5	Прочность на растяжение при изгибе	2,0	2,5
6	Марка по прочности, не ниже	Г–4	Г–5
7	Температура °С, не более	60	60

Таблица 3 – Фракционный состав отходов производства базальтовых волокон при измельчении в шаровой мельнице

Время измельчения, t, час	Фракционный состав – d, мм, в %				
	>1,25	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,14	
1	8,19	28,00	21,31	23,75	18,75
2	-	24,00	27,00	26,88	22,13
3	-	14,13	31,56	27,81	26,50
4	-	2,88	16,94	37,19	43,00

Таблица 4 – Формы и размеры зерен в пробах

Фракционный состав, d, мм	Преобладающие формы зерен во фракциях и размер
0,315–0,14	Форма – угловатые обломки неправильной формы – удлиненные кристаллы, реже круглые, еще реже овальные. Размер 0,2÷0,3 мм
Менее 0,14	Форма – угловатые обломки неправильной формы – удлиненные кристаллы, реже шарики. Преобладающий размер 0,15÷0,25 мм

Таблица 5 – Физико-механические характеристики гипсовых композитов армированными отходами базальтового расплава при волоконобразовании

№ п/п	Отходы базальтового расплава при волоконобразовании (%)	Гипс «Г 5-6» Исак-практик, местный (%)	Гипс «Г 3-5» Алина, Казахстан (%)	Сроки схватывания, мин		Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа			Водоудержание (%)
				начало	конец		Ризг.	Рсж.	Рсц.	
1	0	100	-	13:20	16:30	1541	1,24	2,9	1,21	24,26
2	5	95	-	13:30	16:30	1548	1,38	3,3	1,33	32,79
3	10	90	-	13:30	16:30	1549	2,00	3,9	1,71	34,35
4	15	85	-	13:10	16:40	1545	2,94	2,2	0,89	21,56
5	0	-	100	10:50	14:50	1670	3,18	9,0	0,63	25,00
6	5	-	95	9:30	13:00	1690	3,91	9,7	0,91	23,50
7	10	-	90	13:20	17:00	1693	4,22	10	1,79	19,64
8	15	-	85	12:30	15:30	1689	3,53	9,5	0,77	19,15

Средняя плотность образцов всех составов гипсовых композиций с отходами базальтового расплава варьируются от 1541 до 1689 кг/м³.

Механизм взаимодействия компонентов определяется химической природой этих материалов и состоянием поверхности наполнителя. Наибольший эффект усиления достигается при возникновении между наполнителем и материалом матрицы химических связей и значительного адгезионного взаимодействия. Наполнители, способные к такому взаимодействию с матрицей, называются активными. Как известно, при измельчении отходов производства в шаровой мельнице, поверхностный рельеф отходов претерпевает динамические изменения.

Рост адгезионной прочности связан с появлением достаточно активных центров с ростом шероховатости поверхностей отходов при измельчении в шаровой мельнице.

Результаты экспериментальных исследований составов гипсовой композиции с отходами базальтового расплава позволяют сделать вывод о том, что при увеличении дозировки отходов базальтовых волокон до 15 % наблюдается уменьшение прочностных показателей композита. Поэтому было рекомендовано вводить в состав гипсовой смеси отходы базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм в количестве 10 % от массы смеси. Был определен оптимальный состав гипсовых композиций, обладающий удовлетворительными физико-механическими характеристиками: 10 % – отходы базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм в виде порошка, 90 % – гипс.

Выводы. Определены преобладающие размеры и формы зерен фракционных составов отходов базальтового расплава, измельченного в шаровой мельнице. Анализ проводили на бинокулярном микроскопе марки МБС-2 (производства ЛОМО).

Исследовано влияние динамического изменения поверхностного рельефа измельченных отходов базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм, на предел прочности образца.

Установлен оптимальный состав гипсовых композиций с удовлетворительными физико-механическими характеристиками. Применение измельченных отходов базальтового расплава при волокнообразовании фракций менее 0,315 мм в гипсовых композитах позволит заменить часть связующего вещества.

Поступила: 14.05.24; рецензирована: 28.05.24; принята: 31.05.24.

Литература

1. Карпинос Д.М. Композиционные материалы. Справочник / под ред. Д.М. Карпиноса. Киев.: Наукова думка, 1985. 592 с.
2. Шитова И.Ю. Современные композиционные строительные материалы: учеб. пособие / И.Ю. Шитова, Е.Н. Самошина, С.Н. Кислицына, С.А. Болтышев. Пенза: ПГУАС, 2015. 136 с.
3. Утилизация отходов минерального волокна в производстве гипсовых изделий / В.Б. Петропавловская, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов и др. // Вестник МГСУ. 2017. № 12(111). С. 1392–1398.
4. Ядыкина В.В. Влияние активности наполнителей из техногенного кремнеземсодержащего сырья на прочность цементных систем / В.В. Ядыкина, А.И. Траутвайн // Фундаментальные исследования. 2015. № 5-1. С. 174–179.
5. Ормонбеков Т.О. Техника и технология производства базальтовых волокон / Т.О. Ормонбеков. Бишкек: Илим, 2005. 152 с.
6. Определение фракционного состава отходов сырья базальтового производства для получения композиционных материалов / А.А. Абдыкалыков, Ж.К. Айдаралиев, А.Т. Кайназаров, М.С. Абдиев // Вестник КГУСТА им. Н. Исанова. Бишкек, 2019. № 3. С. 137–143.