

**ВОЛЛАСТОНИТ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ СМЕСИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРОВЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА
(ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ ЧЕРЕПИЦЫ)**

Бул жумушта цемент-волластониттуу композициянын негизинде куйгузулбогон черепица алуунун технологиясы иштелип чыкты.

Волластонит породасынын кошумча катары колдонуусу такталды.

В работе разработана технология получения безобжиговой черепицы на основе цементно-волластонитовой композиции. Проведено исследование волластонитовой породы как наполнитель.

In this work have been developed the thechnology of production and opportunity reception of burnless tiles on the base of mixture composition.

Одним из главнейших элементов здания, защищающих от атмосферных воздействий конструкцию и его обитателей, является крыша.

Крыша является также важным декоративным элементом здания. Архитектурное решение крыши (форма, уклон) очерчивает круг возможных материалов для устройства кровельного покрытия, конструкция и материал определяют технологические и эксплуатационные свойства кровли: трудоемкость устройства, долговечность и простоту ремонта, его декоративные качества (цвет, фактура поверхности).

В современном строительстве акцентировался интерес к крышам как элементу архитектурного объема здания. В связи с широкой номенклатурой кровельных материалов становится весьма сложной задачей обоснованный выбор оптимального материала для конкретной крыши. Поэтому необходимо

знать свойства предлагаемых кровельных материалов. По этим признакам кровельные материалы можно разделить на:

- штучные (черепица, асбестоцементная плитка, «мягкая» черепица и др.);
- листовые (асбестоцементные металлические плоские и профилированные и др.);
- ремонтные (пергамин, рубероид и их современные разновидности);
- пленочные (резиновые и полимерные мембраны);
- мастичные (битумные и полимерные мастики).

Рулонные материалы образуют монотонную декоративную поверхность, что нежелательно для вошедших в моду крыш с большим уклоном ($30-60^{\circ}$), поверхность которых видна с улицы. Для таких крыш необходимы материалы, придающие крыше цвет и фактуру, к которым относятся штучные материалы, многие из которых применяются с давних пор: черепица, натуральный сланцевый шифер, дранка.

Мягкая черепица (бардолин, шинглс, гогит и др.) – плоские листы размером 90-100x35-40 см, получаемые вырубкой из рулонных битумных материалов. Нижняя кромка листов – фигурная, имитирует 3-4 штуки черепицы различной формы. Листы крепятся к обрешетке гвоздями только у верхней кромки; верхний слой укладывается с нахлестом на нижний, связь с которым обеспечивают самоклеящиеся участки на внутренней стороне листов.

Плитки шинглс (от англ. shingle) – плоская кровельная плитка, дранка, листы из целлюлозного или асбестового картона, пропитанного природным битумом, покрытого с лицевой стороны армирующей засыпкой из сланцевой мелочи. Листы Onduline HR– это пропитанные битумом органические волокна, образованные в соединении с особой древесной смолой. По особой технологии в структуру пластины вместе с древесной смолой впитывается краска, поэтому независимо от каких-либо внешних факторов цвет листов Onduline HR остается неизменным. Эти пластины водонепроницаемы, не

трескаются, не ржавеют, не плеснеют, не пропускают радиационное излучение. Не влияет на них также химический и биологический состав воздуха. Листы являются экологически чистой продукцией.

Металлочерепица – листовой материал, ставший более высокой ступенью развития и декоративных качеств гофрированного кровельного листа. Оцинкованный стальной или алюминиевый большеразмерный лист штампуют в виде участка черепичной кровли различного профиля. Перед штампованием лист с обеих сторон покрывают антикоррозийным грунтовочным составом; лицевую сторону окрашивают атмосферостойким полимерным составом, имитирующим цвет черепицы, а иногда и ее фактуру.

Кровля из металлочерепицы имеет массу 1 м^2 4-6 кг из стали и 1,5 кг из алюминия. Интервал рабочих температур – $40+120 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Полимершифер – это кровельный материал из ПВХ .

Листы ПВХ гофрированные и плоские размером 1,5-3 м при толщине 2-4 мм характеризуются массой 1 м^2 – 4-6,3 кг; прочностью при изгибе 49,03 МПа; температурой размягчения – не менее $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$; водопоглощением – не более 0,1 %; морозостойкостью – 25 циклов; температурой применения листов – от $+80$ до $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$; долговечностью – 30 лет.

Наиболее распространенным кровельным материалом являются асбестоцементные листы волнистого профиля. Этот долговечный (до 50 лет) удобный в применении и относительно дешевый материал рекомендуется для кровель с уклоном более 12° . Масса 1 м^2 такой кровли – 10-12 кг. Разрешается для устройства кровли для всех типов здания. Для повышения долговечности и декоративности выпускаются листы, окрашенные синтетическими эмалями.

К группе кровельных материалов минерального происхождения относится глиняная черепица.

Она долговечна (до 80 лет), огнестойка, обладает высокими архитектурными качествами. Долговечность ее может быть повышена обработкой кремнийорганическими соединениями.

Глиняная черепица отличается широкой номенклатурой: пазовая штампованная, пазовая ленточная, плоская ленточная, коньковая.

Масса черепицы 1,1-2,8 кг; масса 1 м² покрытия из черепицы, насыщенной водой, - 50-65 кг.

Черепица должна быть хорошо обожжена, иметь в изломе мелкозернистое строение, достаточную механическую прочность (выдерживать сосредоточенную нагрузку не менее 70 кг), минимальное водопоглощение, издавать при ударе чистый звук и быть морозостойкой – выдерживать не менее 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Цементно-песчаная черепица производится виброштампованием из жестких цементно-песчаных смесей с добавлением минеральных пигментов. Такая черепица отличается высокими физико-механическими характеристиками и морозостойкостью, сравнимыми с керамической. Однако долговечность ее можно гарантировать, если используется высококачественное сырье и тщательно выдерживается технология производства.

Таким образом, анализ литературных источников показал широкую номенклатуру кровельных материалов. В КР из указанных материалов в промышленных масштабах производятся асбестоцементные листы. Отдельными малыми предприятиями производится металлочерепица (из ввозимого сырья), полимерно-песчаная черепица (ввозится полимер), цементно-песчаная черепица.

Однако производимая цементно-песчаная черепица не получила широкого применения ввиду дороговизны и повышенной массы. В связи с этим разработка мероприятий, связанных с повышением качественных показателей цементно-песчаной черепицы и снижением себестоимости, представляется весьма актуальной проблемой.

Для проведения исследований в работе были использованы портландцемент М400 КЦШК, песок Ивановского месторождения, зола БТЭЦ, волластонитовая порода Кара-Корумского и Макмальского месторождений.

Химический состав сырьевых материалов приведен в табл. 1

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Материалы	Содержание оксидов в %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	п.п.п.	Σ
Клинкер	22,34	4,60	3,99	65,2	1,34	0,66	-	-	98,31
Песок	68,72	14,21	3,24	3,25	2,68	2,61	6,63	-	101,3
Зола	60,19	17,49	8,34	5,28	0,59	0,46	1,89	4,41	

Минералогический состав клинкера представлен содержанием следующих минералов, в %: C₃S – 61,2; C₂S – 17,2; C₃A – 5,8; C₄AF – 12,7.

Физико-механические характеристики цемента представлены в табл. 2

Таблица 2

Физико-механические характеристики цемента КЦШК

Обозначение цемента	НГ, %	Сроки схватывания		Тонкость помола через сито 008, %	Предел прочности при сжатии, МПа		Содержание SO ₃
		начало, ч, мин	конец, ч, мин.		3	38	
ПЦ-400-Д20	24,5	2.50	4.00	88,0	19,1	41,3	1,8
ПЦ500	24,0	2.40	4.40	94,0	28,9	49,5	1,5

Гранулометрический состав и физико-механические характеристики песка приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Гранулометрический состав песка

Размер сит, мм	Остаток на сите, г	Частный остаток, %	Полный остаток, %
5,0	210	21,0	21,0
2,5	165	16,5	37,5
1,25	70	7,0	49,5
0,63	175	17,5	62,0
0,315	765	16,5	78,5
0,16	170	17,0	95,5

Прошло ч/з 0,16			
-----------------	--	--	--

Таблица 4

Физико-механические характеристики песка

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Количество
1.	Наличие зерен более 20 мм	-	-
2.	От 5 до 10 мм	%	21,0
3.	Прошло ч/з сито 0,16 мм	%	0,4
4.	Наличие пылевидных частиц	-	-
5.	Наличие глинистых частиц	%	3,0
6.	Истинная плотность	г/см ³	2,85-2,75
7.	Модуль крупности	-	3,43
8.	Влажность	%	5,0

В качестве наполнителя в работе была использована волластонитовая порода Кара-Корумского и Макмальского месторождений, химический состав которых приведен в табл. 5.

Таблица 5

Химический состав волластонитовой породы

Место-рождение	Содержание оксидов, в %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	п.п.п.	Σ
Кара-Корум	53,36-54,01	0,55-2,05	0-0,05	0,25-0,73	36,50-44,50	0,25-0,69	0,22-0,29	0,12-0,38	0-0,05	0,66-0,49	
Макмал	20,31-2058	2,57-2,72	-	0,65-0,79	48,50-49,77	1,99-2,02	-	-	-	24,16-25	96,76-95,89

Минералогический состав волластонитовой породы Кара-Корум и Макмал приведен в табл.6.

В качестве модифицирующей добавки в составы сырьевых смесей вводилась зола БТЭЦ, химический состав которой приведен в табл. 1.

Гранулометрический состав золы приведен в табл. 7.

Таблица 6

Минеральный состав волластонитовой породы

Месторождение	Содержание компонентов				
	волластонит	кварц	кальцит	пироксены	полевой шпат
Кара-Корум	67,19-67,81	18,69-22,08	1,05-1,81	3,71-4,59	1,28-3,12
Макмал	32,54	2,04	57,16	4,06	6,23

Гранулометрический состав золы

№ пр	Остаток на ситах, мм							
	10	5	3	2	1	0,5	0,25	0,25
1	11,16	4,34	3,11	2,02	3,86	2,94	9,16	46,86
2	10,78	4,81	2,53	1,69	3,36	2,57	9,63	46,63

Средняя насыпная плотность золы 800-850 кг/м³, истинная плотность 1,85-2.15 г/см³. Удельная поверхность составляет 2258—2310 см²/г. Активность 34-36 мг СаО на 1 г добавки.

Вещественный состав золы представлен содержанием стекловидных и кристаллических фаз, которая состоит из аморфизированного обжигом глинистого вещества, кварца, полевого шпата, кальцита, доломита, а также выделившихся из расплава С₂S, Са, муллита.

Волластонитовая порода белого, редко голубоватого цвета, среди которой встречаются пятнистые участки, окрашенные в более темные серые цвета, пересекаемые карбонатными прожилками. Истинная плотность – 2,9-3,12 г/см².

Содержание волластонита в породе Кара-Корум довольно высокое (67,19-67,81 %), поэтому в качестве наполнителя в цементно-волластонитовых композициях можно использовать волластонитовую породу Кара-Корумского месторождения без обогащения.

Анализ литературных источников позволил выявить предпосылки эффективного применения волластонита в цементосодержащих композиционных строительных материалах и твердеющих дисперсных системах. Армирование изделий его игольчатыми кристаллами определяет повышенные прочности на изгиб, а также его физико-механическое сродство с цементосодержащими сырьевыми композициями, активная и избирательная адсорбция продуктов гидратации вяжущего способствует образованию плотной структуры изделий, что является весьма важным фактором для повышения водонепроницаемости. Кроме того, использование в качестве

наполнителя в цементные композиты волластонита является весьма обоснованным ввиду наличия значительных промышленных запасов сырья в Кыргызской Республике, структурных особенностей минерала в отличие от более изученного кварца. Немаловажное значение имеет и яркая белизна волластонита, так как он обладает окрашиваемой способностью и может нести двойную функцию: как наполнитель и как разбеливающая добавка в серый портландцемент с целью получения на его основе разных цветовых гамм.

При подборе состава цементно-волластонитовых композиций весьма важным фактором является гранулометрический состав наполнителя.

В работе был использован волластонит с максимальным размером зерен 0,02 мм и 0,125 мм. Волластонит с максимальным диаметром зерен 0,125 мм отличается отчетливой игольчатой формой, тогда как более дисперсная фракция с диаметром 0,02 мм относится к малоигольчатой фракции.

При изготовлении цементно-волластонитовых смесей на вышеуказанных фракциях выявлено пластифицирующее воздействие волластонита фракций 0,125. Смесь отличается большой связностью, так как при добавке к смеси воды, в процессе перемешивания, она адсорбируется на игольчатой поверхности кристаллов, обладающих большой адсорбционной способностью. Использование волластонита фракций 0,125 оказывает положительное влияние и на процесс консолидации смеси в период прессования, так как игольчатые зерна кристаллов легко укладываются параллельно плоскости изделия в процессе прессования, и процесс прессования можно завершить после второго этапа прессования, когда усилие направляется для сближения частиц и выхода запрессованного воздуха. Можно предположить, что эти смеси формируются при более низких давлениях прессования, нежели смеси с более мелкой фракцией. При дальнейшей гидратации цемента, в процессе гидролиза трехкальциевого силиката (C_3S), образующаяся CaO накапливается на игольчатой

поверхности и происходит образование гидросиликатов кальция присоединением молекул воды, что упрочняет контактную зону с волластонитом. Причем вытянутые игольчатые кристаллы армируют твердеющую массу, тем самым повышая прочность изделий на изгиб. При использовании более дисперсных частиц происходит более полное разрушение структуры волластонита, в связи с чем снижается адсорбционная способность и все вышеописанные процессы ослабляются.

Из разработанных составов с волластонитом различной фракции были изготовлены образцы методом прессования, при давлении прессования 18-20 МПа, которые твердели в нормальных условиях.

Результаты исследований приведены в табл. 8

Таблица 8

Физико-механические характеристики цементно-волластонитовых композиций, влияющие на гранулометрический состав наполнителя

Образцы с волластонитом с диаметром фракции	Пределы прочности, МПа		Морозостойкость, циклов	Водонепроницаемость	Плотность, г/см ³
	R _{сж}	R _{изг}			
0,02	25,0	8,01	25	Выд.испыт.	1,91
0,125	26,5	10,34	30	-*-	1,86

Наличие примесей в породе также оказывает определенное влияние на процесс структурообразования. Содержащиеся в породе кварц и кальцит также при измельчении приобретают гидравлическую активность за счет незначительной деформации кристаллической решетки и раскрытия поверхности частиц. А пироксены и полевой шпат будут играть роль наполнителя, заполняющего поры при возможной рекристаллизации некоторых новообразований в процессе твердения.

Список литературы

1. Попов К.Н., Каддо М.Б. Современные материалы // Кровельные строительные материалы. – 1999. - № 12. - С. 5-77.

2. Васильев И.М., Гринвальд В.М. Надежная крыша для зданий малоэтажной застройки – гофрированный лист из ПВХ// Строительные материалы. - 1996.- № 11. - С. 7-9.
3. Обустройство и ремонт. - 2004. - № 4. - С. 23
4. Сергеев А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности. - К.: Будивельник. 1984. – С . 120.
5. Дворкин Л.И. Высокопрочные бетоны с активированным зольным наполнителем. //Бетон и железобетон. – 1993 - № 6. - С. 4-6.
6. Баженов Ю.И. Высокопрочный мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций. - М.: Стройиздат, 1963. - С.128.
7. Волженский А.В., Буров С. и др. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов. - М.: Стройиздат, 1969. - С. 392.
8. Куртаев А.С., Естемесов З.А. Композиционные материалы на основе неорганических вяжущих веществ. - Алматы, 1988.
9. Абдыкалыков А.А. Экспериментально-теоретические основы оптимизации реологических и прочностных свойств наполненных композиционных материалов. -Бишкек, 1999.
10. Абдыкалыков А.А., Абылов С.А. Безобжиговая черепица на основе цементно-волластонитовой композиции //Материалы научно-техн. конф. «Проблемы развития малых городов и п.г.т. в КР». – Бишкек: Кыргызпатент, 2002. - С.94-96.
11. Волластонит. - М.: Наука, 1982.
12. Жекишева С.Ж., Калманов Д.К. и др. Волластонитовые породы Кыргызской Республики и перспективы их использования. - Бишкек: Илим, 1994.