

УДК 666.942.82

Урбанов А.В., Манушина А.С., Дмитриева Е.А., Курдюмова С.Е., Потапова Е.Н.

## РАЗРАБОТКА СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ ДЛЯ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ

**Урбанов Андрей Витальевич**, студент 3 курса бакалавриата факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов, e-mail: bobatru96@gmail.com;

**Манушина Анна Сергеевна**, студент 2 курса магистратуры факультета инженерной;

**Дмитриева Екатерина Алексеевна**, студент 2 курса бакалавриата факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов;

**Курдюмова Светлана Евгеньевна**, студент 2 курса бакалавриата факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов;

**Потапова Екатерина Николаевна**, д.т.н., профессор, профессор кафедры химической технологии композиционных и вяжущих материалов

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия  
125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 20

*В работе изучено влияние дисперсности микрокальцита на свойства белого цемента. Выявлена роль пигмента и мелкого наполнителя в составе вяжущего. Разработан состав цементно-песчаной смеси для создания различных видов малых архитектурных форм.*

**Ключевые слова:** белый цемент, микрокальцит, прочность, пористость, морозостойкость.

## DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION MIXTURE FOR SMALL ARCHITECTURAL FORMS

Urbanov A.V., Manushina A.S., Dmitrieva E.A., Kurdyumova S.A., Potapova E.N.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The effect of microcalcite dispersion on the properties of white cement has been studied. The role of pigment and fine filler in the astringent is revealed. The composition of the cement-sand mixture for the creation of various types of small architectural forms is developed.*

**Keywords:** white cement, microcalcite, strength, porosity, frost resistance

Парковая архитектура сегодня является неотъемлемой частью благоустройства общественных зон отдыха. К ней относятся, прежде всего, различные малые архитектурные формы – скамьи, вазоны, фонтаны, фонари, беседки и скульптуры. Эти изделия, с одной стороны, должны выглядеть эстетично, а с другой стороны, обладать рядом строительно-технических и декоративных свойств. Применяемые для этих целей строительные материалы должны отвечать жестким требованиям к прочности, морозостойкости и обладать повышенной коррозионной стойкостью [1]. К таким материалам можно отнести бетоны на основе декоративных и цветных цементов, поэтому целью данной работы является разработка состава бетона для садово-парковой скульптуры на основе белого цемента с улучшенными характеристиками.

Для проведения испытаний использовали белый цемент 500 Д0 ОАО «Холсим» (ПЦ), микрокальцит, гиперпластификатор Melflux 2641 (ГП), редиispersируемый полимерный порошок Vinnapas LL 5048 Н (РПП), песок Раменского ГОК, минеральный краситель Вауфетгох 420.

На первом этапе работы исследовано влияние микрокальцита различной дисперсности на свойства

цемента. Микрокальцит способствует уменьшению пористости изделия, приданию рабочим растворам повышенной эластичности при нанесении, а готовым покрытиям – отличный внешний вид и экологическую и радиологическую безопасность. Для исследования был взят микрокальцит различной дисперсности: 40, 60, 80, 100, 300 мкм. Следует отметить, что с повышением дисперсности микрокальцита происходит постепенное улучшение всех свойств цементного камня. Так если прочность бездобавочного состава составляла – на сжатие 53 МПа, а на изгиб – 21 МПа, то прочность состава, содержащего микрокальцит дисперсностью 300 мкм, на сжатие - 82 МПа, а на изгиб - 5 МПа.

Изучение пористости цементного камня подтвердило уплотнение его структуры в присутствии микрокальцита. При введении 5 % микрокальцита и с ростом его фракции значение пористости плавно уменьшается с 7,1 % до 4,8 %. Это объясняется тем, что водоцементное отношение является по существу решающим фактором в регулировании пористости цемента. Вся излишняя вода, вводимая в цемент в силу необходимости получения удобоукладываемой бетонной смеси, создает пористую структуру цементного камня.

В связи с тем, что водопоглощение цементного камня напрямую зависит от его пористости, при повышении дисперсности микрокальцита наблюдается снижение значений водопоглощения от 3,4 % для бездобавочного состава до 2,1 % для состава, содержащего микрокальцит с фракцией 300 мкм.

Исследование цементного камня на морозостойкость проводилось по ускоренной методике; материал считается морозостойким, если прочность образцов при испытании их на сжатие снижается не более чем на 10 %. Морозостойкость образцов повышается при увеличении дисперсности минеральной добавки. Так, для бездобавочного состава падение прочности составило 15 %. При увеличении дисперсности добавки наблюдается уменьшение падения прочности (до 10 % для состава, содержащего микрокальцит дисперсностью 300 мкм).

Таким образом, на первом этапе работы установлено, что наилучшими характеристиками обладает состав, содержащий микрокальцит дисперсностью 300 мкм.

Далее изучалось влияние пластифицирующей добавки Melflux 2641 на свойства цемента. В качестве сравнения использован состав, содержащий микрокальцит дисперсностью 300 мкм. Гиперпластификатор вводили в количестве 0,05 – 0,5 % от массы цемента. Введение ГП понижает нормальную густоту (с 36 до 34 %) и немного повышает сроки схватывания цементного теста (начало: 110 - 130 мин., конец: 170 - 200 мин.). Увеличение содержания ГП сопровождается увеличением прочности: составу, содержащему 0,1 % ГП, соответствует значение прочности на сжатие 64 МПа, а на изгиб 32 МПа. Наибольшей прочностью на сжатие (103 МПа) и на изгиб (54 МПа) характеризуется состав, содержащий 0,3 % ГП. При содержании 0,4 % ГП в цементной смеси происходит незначительное снижение прочности, а при содержании 0,5 % ГП происходит заметное снижение прочности, связанное с замедлением процессов гидратации и твердения.

Данные по прочности коррелируют с результатами пористости. Так тенденция уменьшения пористости наблюдается при

повышении содержания ГП до 0,3 % (пористость 2,2 %), затем происходит ее постепенное возрастание. У состава, содержащего 0,5 % ГП, пористость составляет 3,4 %. Значения водопоглощения и морозостойкости изменяются с тем же характером, что и пористость образцов. Наименьшее значение водопоглощения (W) состава с содержанием 0,3 % ГП составляет W=1,1 %, этот же состав характеризуется наименьшим падением прочности (до 7 %).

Таким образом, для дальнейшей работы был выбран состав, содержащий белый цемент, 5 % микрокальцита дисперсностью 300 мкм и гиперпластификатор в количестве 0,3 % от массы вяжущего.

Третий этап включает в себя улучшение реологических свойств цементной смеси, содержащей микрокальцит и пластифицирующую добавку. Для этого в состав вводили редиспергируемый полимерный порошок в количестве от 0,1 до 0,7 % от массы вяжущего. Добавление РПП существенным образом не влияет на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста. Изменение свойств цементного камня происходит также как и при добавлении пластифицирующей добавки, но отличается плавными изменениями без явно выраженных максимумов. Так, наибольшей прочностью на сжатие (100 МПа) и на изгиб (51 МПа) характеризуется состав, содержащий 0,5 % РПП от массы цемента. Этот же состав характеризуется наименьшими значениями пористости (3,2 %), водопоглощения (1,4 %) и наименьшим падением прочности (до 8 %) при испытании на морозостойкость, по сравнению с другими образцами, в состав которых входит РПП.

Четвёртым этапом работы было исследовано влияние мелкого заполнителя на процессы гидратации и твердения белого цемента, содержащего 5 % микрокальцита (фракция 300 мкм), 0,5 % редиспергируемого полимерного порошка Vinnapas LL 5048 Н и 0,3 % пластифицирующей добавки Melflux 2641 F. Мелкий заполнитель добавляли в соотношении 1:1, 1:2 и 1:3, где 1 часть составляет цемент. Составы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние состава бетона на его свойства

Состав	Добавки	Соотношение цемент: песок	Свойства		
			Пористость, %	Водопоглощение W, %	Падение прочности после 20 циклов попеременного замораживания и оттаивания, %
1	-	-	7,1	3,4	11
2	МК+РПП+ГП	-	3,2	2,3	7
3	МК+РПП+ГП	1:1	2,3	1,1	1
4	МК+РПП+ГП	1:2	2,7	1,2	5
5	МК+РПП+ГП	1:3	3,2	1,6	9

Песок выступает в качестве мелкого заполнителя в связи с тем, что при затвердевании цементного раствора происходит деформация (усадка). Деформации незначительны, но из-за неравномерности появляются внутренние напряжения, что ведет к образованию микротрещин. Этот фактор существенно снижает качество и срок службы приготовленного изделия. Для равномерности распределения нагрузки в состав бетона и включен песок [2].

Полученные результаты (рис. 1) показывают, что при увеличении соотношения цемент: песок происходит снижение прочности материала в связи с тем, что частички цемента расходятся на большие расстояния, тем самым происходит уменьшение силы связи цемент-цемент. Наибольшей прочностью на сжатие (110 МПа) и на изгиб (70 МПа) характеризуется состав, содержащий песок в соотношении 1:1 с цементом. При дальнейшем повышении соотношения цемент: песок до 1:3 происходит сильное падение прочности: прочность при сжатии составляет 78 МПа, а на изгиб 38 МПа. Данные по прочности хорошо коррелируют с результатами пористости. Так, состав имеющий соотношение цемент: песок равное 1:1, имеет наименьшее значение пористости (2,3 %), по сравнению с другими составами.

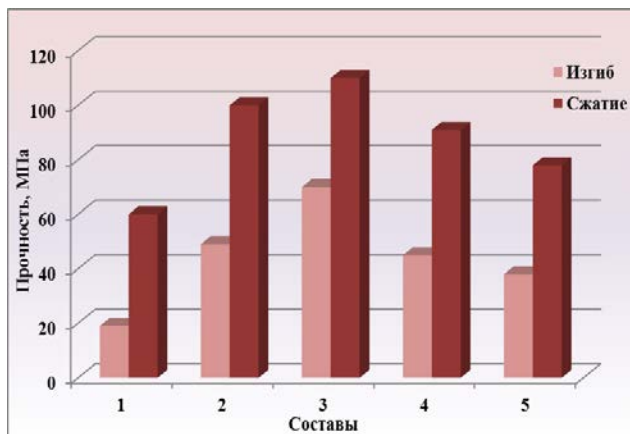


Рис.1. Влияние количества песка на прочность мелкощелебного бетона в возрасте 28 сут (составы по таблице 1)

Водопоглощение образцов меняется незначительно: от 1,1 % для состава 3 и до 1,6 % для состава 5. Увеличение водопоглощения негативно сказывается на свойствах изделия. Так, при

увеличении содержания поглощенной воды в структуре материала при замерзании будет происходить более интенсивное расширение и деструкция материала. Отсюда следует, что значения морозостойкости уменьшаются при увеличении соотношения цемент: песок. Так, наименьшим падением прочности обладает состав 3, а наибольшим падением прочности обладает состав 5 (табл.1).

Немало важным аспектом будущего изделия является его цветовая гамма, ведь яркие объекты привлекают больше внимания, чем сооружения, выполненные из серого цемента. Для этого используется белый цемент, вместе с ним в состав вводят различные минеральные красители. В качестве красителя выбран пигмент Bayferrox различных оттенков (рис.2).



Рис.2. Составы затвердевшего цементно-песчаного раствора различных оттенков

Таким образом, в результате исследования минеральных и полимерных добавок на свойства белого цемента, был подобран состав пескобетона, характеризующийся повышенной прочностью, водостойкостью и морозостойкостью, на основе которого были изготовлены макеты различных малых архитектурных форм.

#### Список литературы

1. Потапова, Е. Н. История технологий вяжущих материалов [Текст]: учебное пособие. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2014. – 151 с.
2. Урбанов А. В. Ахметжанов А. М. Потапова Е. Н. Влияние волокнистого наполнителя на свойства цементного камня / V Международный семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих, бетонов и сухих смесей: сборник докладов. – СПб.: Издательство «АлитИнформ», 2015. – С. 21–28.