



УДК 691.542+545

ДИСПЕРСНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

И.И. Репина, Е.А. Карпова, А.Д. Игнатьева

DISPERSED ADDITIVES FOR BUILDING MATERIALS BASED ON MINERAL BINDERS

I.I. Repina, E.A. Karpova, A.D. Ignat'eva

Аннотация. В данной работе представлен обзор современных эффективных дисперсных добавок, применение которых способствует улучшению физико-технических параметров традиционных строительных материалов на основе гидравлических и воздушных вяжущих, используемых для производства изделий на их основе. При этом выявлены основные параметры, которыми должны обладать оптимальные модификаторы структуры и свойств вяжущих. Такими параметрами являются химический состав, степень дисперсности и морфология частиц добавок. Определенное сочетание этих свойств позволит прогнозировать область применения дисперсных модификаторов соответственно выбранному типу вяжущего.

Ключевые слова: дисперсные модификаторы; повышение технических характеристик; метакаолин; микрокремнезем; вяжущее.

Abstract. This article presents a review of modern efficient disperse additives which contributes to the improvement of physical and technical characteristics of construction binders used for the production of materials based on them. At the same time determined the basic characteristic for efficient modifiers of structure and properties of binders. There are chemical composition, dispersion rate and morphology of the additives particles. The combination of these properties allows to predict the scope of modifiers dispersed accordingly to the selected type of the binder.

Keywords: disperse the modifiers; improving the characteristics; metakaolin; microsilica; binders.

В настоящее время в строительной отрасли ведущую роль занимают строительные материалы на основе минеральных вяжущих. Широкое применение получили гидравлические вяжущие, однако наряду с ними часто используются и вяжущие воздушного твердения. К гидравлическим вяжущим относятся различные виды цементов. К используемым воздушным вяжущим относят вещества на гипсовой или известковой основе [1].

К эффективному модификатору композиционных материалов предъявляются особые требования, которые сложно сочетать, так как необходимо найти оптимальную добавку, обладающую рядом свойств: необходимый уровень физико-механических свойств, высокая химическая стойкость и термостойкость, возможность предания заданной формы и размеров частиц, хорошая диспергируемость. К числу важнейших требований, предъявляемых к дисперсным добавкам относят способность совместной работы с вяжущим и возможность диспергирования в среде ПАВ, отсутствие склонности к агломерации частиц и однородность размера. Более того, добавка не должна изменять свои свойства при хранении, переработке и эксплуатации. Для достижения необходимых свойств одновременно могут применяться несколько видов добавок [2].

На данный момент эффективно используются практически любые измельченные продукты как неорганического, так и органического происхождения. При этом высокая

степень помола позволяет использовать их в качестве дисперсных добавок. Сравнивая объем использования добавок органического и неорганического происхождения можно сказать, что наиболее часто применяются добавки неорганической природы. К наиболее распространенным дисперсным минеральным добавкам относят: карбонат кальция (мел), диоксид кремния, кварцевую муку, аэросил, метакаолин, микрокремнезем.

Одним из наиболее дешевых и распространенных видов дисперсных добавок является тонкоизмельченный карбонат кальция (мел, CaCO_3), основным источником которого выступает природный известняк, который измельчают и подвергают флотации для удаления примесей и фракционированию с получением частиц размерами 1-10 мкм. К преимуществам этого наполнителя относится белый цвет, широкий интервал размера частиц (от 1 нм до 0,1 мкм), стабильность проявляемых свойств.

Аналогом карбоната кальция могут выступать дисперсные добавки на основе каолина, например гидратированный силикат алюминия, получаемый из минерала каолинита за счет измельчения. При этом при производстве строительных материалов используется каолин двух видов очищенный и прокаленный, у которого удалена гидратационная вода. Первый вид добавок широко применяется для композиций на основе воздушных вяжущих, в частности, наиболее оптимальным модификатором структуры и свойств гипсовых композиций является метакаолин [3].

Еще одной из распространенных добавок к строительным материалам на основе минеральных вяжущих относится кварц (диоксид кремния, SiO_2) и его разновидности. Часть из них имеет минеральное происхождение и получается на основе природного сырья (кварцит, трепел, диатомит, новакулит), часть получают синтетическим путем (пирогенетический, осажденный диоксид кремния), эти модификации отличаются по своему химическому составу, форме и размеру частиц, стоимости, областям применения.

К разновидности диоксида кремния, полученной синтетическим путем, относится пирогенный диоксид кремния SiO_2 (аморфный). Данное вещество представляет собой рыхлый, серый порошок, со сферическими частицами размером 50-200 нм и аморфной кристаллической структурой. Данную добавку можно применять как теплоизолятор (самая низкая теплопроводность среди оксидов), либо как компонент для получения термостойких красок, лаков, шпаклевок. В производстве строительных и композиционных материалов пирогенный диоксид кремния используется для изготовления фасадных красок, антикоррозионных и огнезащитных покрытий, для приготовления различных строительных смесей, кислотоупорных растворов и замазок, огнеупорных и жаростойких обмазок, теплоизоляционных материалов. Еще одна применяемая аморфная форма пирогенного диоксида кремния – добавка «Аэросил», имеющая вид сферических частиц коллоидных размеров (3-10 нм). Характеризуется максимальной удельной поверхностью из всех порошкообразных наполнителей, величина которой достигает $380 \text{ м}^2/\text{г}$. Добавку получают в процессе гидролиза тетраоксида кремния в токе кислородно-водородного пламени. Широко используется в качестве наполнителя; характеризуется выраженным загущающим и тиксотропным эффектом, пониженной склонностью к расслаиванию в композициях [4-5].

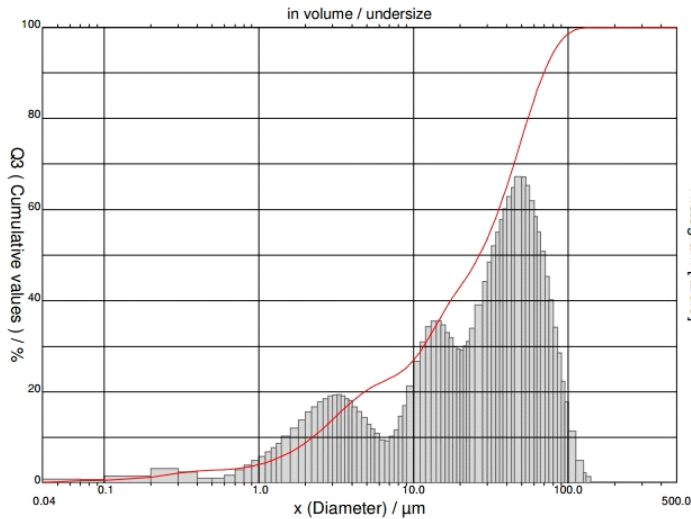
Таким образом, для эффективной модификации минеральных вяжущих используют различные дисперсные добавки, при этом они должны обладать рядом параметров, таких как – постоянный химический состав, дисперсность и оптимальная форма частиц. Для выбора эффективных модификаторов необходимо определять перечисленные параметры, что позволит прогнозировать их применение в качестве одного из компонентов композита. В работе проводились исследования химического состава, дисперсности и строения следующих добавок: метакаолин ВМК-45 и микрокремнезем МК-85.

Исследовались состав и свойства метакаолина ВМК-45 компании «СИНЕРГО», соответствующий требованиям ТИ 1613.2010 (табл. 1), состоящий из смеси аморфного глинозема и кремнезема практически в равных количествах: массовая доля Al_2O_3 составляет от 39 до 44 %, SiO_2 – от 53 до 55 %. Частицы приведенного метакаолина имеют

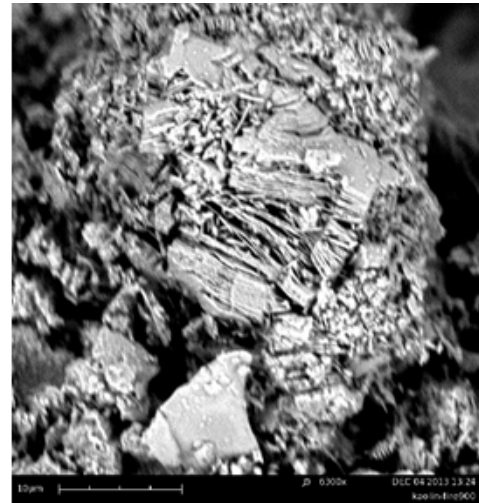
пластинчатую форму, высокую удельную поверхность (рис. 1б) и средний размер 50 мкм (рис. 1а).

Таблица 1 - Характеристики метакаолина ВМК-45

| Наименование показателя | Ед. изм. | Результат испытания |
|--|------------------------------|----------------------|
| Цвет | | Белый |
| Удельная поверхность | см ² /г | 16 000- 18 000 |
| Остаток на сите 0043 | % | <0,1 |
| Массовая доля элементов: Диоксида кремния, SiO ₂ оксида алюминия, Al ₂ O ₃ оксида железа, Fe ₂ O ₃ | % | 52-54 >43 <0,1 |
| Пуццолановая активность | мг Ca(OH) ₂ /г | >1000 |



а)



б)

Рисунок 1 – Дисперсионный анализ метакаолина (а); микроструктура добавки (б)

Одновременно определялись основные параметры неуплотненного микрокремнезема МК-85 по ТУ 5743-048-02495332-96 поставщика ООО «Строймеханика» (г. Тула). МК-85 представляет собой очень мелкие шарообразные частички аморфного кремнезема со средней удельной поверхностью около 20 м²/г (по Блейну). По химическому составу, микрокремнезем относится к силикатным пуццоланам [5]. Химический состав применяемого микрокремнезема представлен в табл. 2. Физические свойства микрокремнезема МК-85 представлены в таблице 3.

Таблица 2 - Химический состав микрокремнезема МК-85

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | C | S |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------|------------------|-------|-------|
| 90-92% | 0,68% | 0,69% | 0,85% | 1,01% | 0,61% | 1,23% | 0,98% | 0,26% |

Таблица 3 - Физические свойства микрокремнезема МК-85

| Свойство | Значение |
|--|-----------------|
| Цвет | Светло-серый |
| Насыпная плотность, кг/м ³ | 200 - 250 |
| Удельная поверхность, см ² /г | 18 000 - 22 000 |
| Массовая доля оксида кремния SiO ₂ , % | >90 |
| Массовая доля оксида алюминия Al ₂ O ₃ , % | 0,7 |
| Массовая доля оксида алюминия Fe ₂ O ₃ , % | 0,7 |
| Пуццоланическая активность, мг Са(ОН) ₂ /г | >300 |
| Влажность, % | <0,5 |
| ППП, % | <2,4 |
| Радиоактивность, мкр/час | <16 |

По гранулометрическому составу средний размер частиц микрокремнезема составляет около 300 нм (рис. 2б). В связи с высокой дисперсностью частиц при хранении микрокремнезем подвергается уплотнению и агрегации в условиях естественной влажности с закономерным увеличением среднего размера частиц до 20 мкм. Учитывая особенности данного явления, МК перед применением подвергался механической активации.

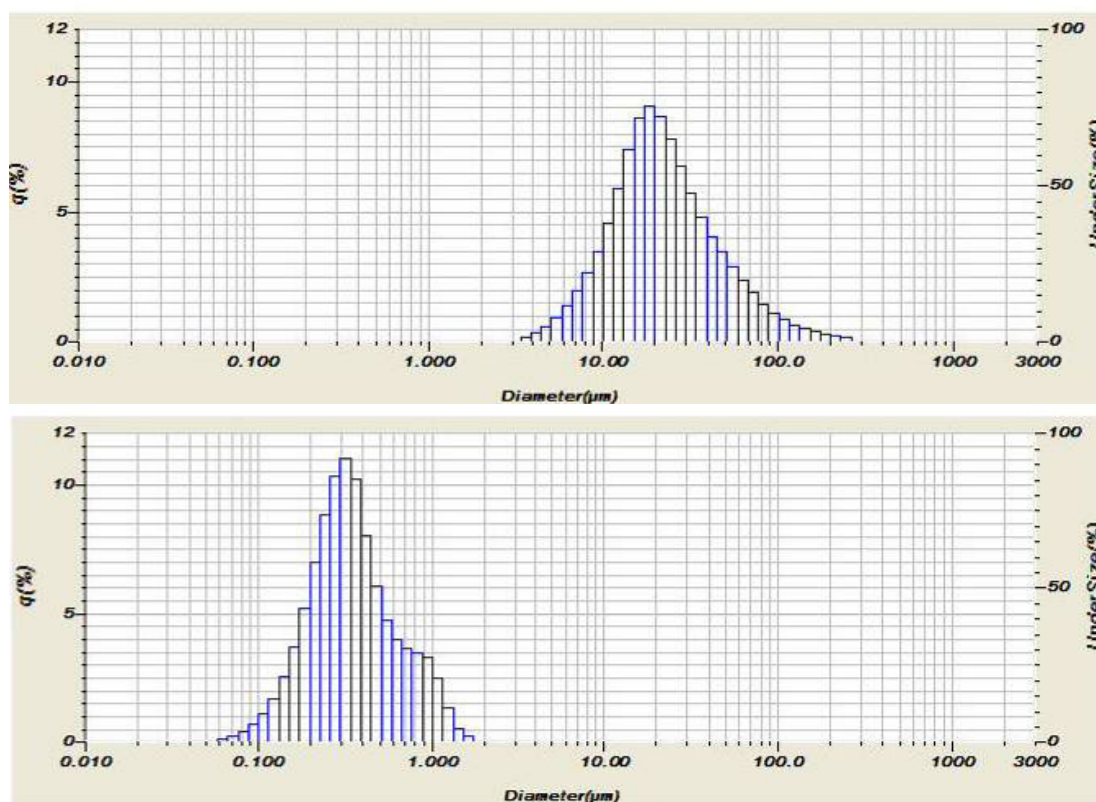


Рисунок 2 – Анализ дисперсности микрокремнезема: (а) – без ультразвуковой обработки, (б) – после ультразвуковой обработки в течение 5 минут

Предварительное исследование дисперсных добавок способствует более эффективному их применению в качестве модифицирующих добавок.

Проведенный анализ дисперсных добавок показал, что к основным параметрам, которые необходимо контролировать при получении эффективных дисперсных модификаторов относятся химический состав, величина удельной поверхности,



пуццолановая активность. Исследование таких добавок как метакаолин ВМК-45 и микрокремнезем МК-85 позволяет прогнозировать их применение в качестве дисперсных модификаторов для повышения физико-технических параметров строительных материалов на основе как гидравлических, так и воздушных вяжущих веществ. При этом высокая пуццолановая активность метакаолина позволяет получить материал на основе гидравлического вяжущего с высокой коррозионной стойкостью. Также выявлено, что использование ультразвуковой обработки позволяет увеличить дисперсность добавок на основе микрокремнезема. Так обработка ультразвуком в течение 5 минут привела к снижению среднего размера частиц с 10-20 мкм до 1 мкм, это способствует увеличению активности и степени влияния на структуру конечного композита.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Юдина Л.В. Испытание и исследование строительных материалов. Ижевск: Изд-во ФГБОУ ВПО «ИжГТУ», 2005. 236 с.
2. Аниканова Т.В., Минаков С.В., Оноприенко Н.Н., Рахимбаев Ш.М. Минеральные вяжущие вещества: учебник. Белгород: Изд-во ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет», 2010. 217 с.
3. Бурьянов А.Ф., Гордина А.Ф., Полянских И.С., Сельнов С.А., Токарев Ю.В. Водостойкие гипсовые материалы, модифицированные цементом, микрокремнеземом и наноструктурами // Строительные материалы, 2014. № 6. С. 35-37.
4. Лушникова А.А., Пудов И.А., Соковикова М.А. Формирование структуры и свойств бетонов, модифицированных дисперсными добавками // Вестник Южно-Уральского государственного университета, 2011. № 16 (233). С. 25-29.
5. Токарев Ю.В., Яковлев Г.И. Эффективность модификации гипсовых вяжущих углеродными нанотрубками и добавками различной дисперсности // Строительные материалы, 2015. № 6. С. 84-87.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Репина Ирина Ивановна

ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск, Россия, старший преподаватель Инженерно-строительного факультета, кафедра «Геотехника и строительные материалы»

E-mail: gism@istu.ru

Repina Irina Ivanovna

FSEI NPE «Kalashnikov Izhevsk State Technical University», Izhevsk, Russia, senior lecturer civil Engineering faculty, Department of «Geotechnical engineering and construction materials»

E-mail: gism@istu.ru

Карпова Екатерина Алексеевна

ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск, Россия, студент 2 курса Магистратуры, направление подготовки «Строительные материалы, в том числе наноматериалы»

E-mail: caterina.carpova2014@yandex.ru

Karpova Ekaterina Alekseevna

FSEI NPE «Kalashnikov Izhevsk State Technical University», Izhevsk, Russia, 2nd year student of Magistracy, the direction of preparation «Building materials, including nanomaterials»

E-mail: caterina.carpova2014@yandex.ru



Игнатьева Анастасия Дмитриевна

ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск, Россия, студент 4 курса Инженерно-строительного факультета, кафедра «Геотехника и строительные материалы»

E-mail: anastasiya-d.94@yandex.ru

Ignat'eva Anastasiya Dmitrievna

FSEI NPE «Kalashnikov Izhevsk State Technical University», Izhevsk, Russia, 4th year student of civil Engineering faculty, Department of «Geotechnical engineering and construction materials»

E-mail: anastasiya-d.94@yandex.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:

426011, Ижевск, ул. Удмуртская, дом 267, корпус 2, кв.138. Игнатьева А.Д.

8(912)013-29-44