

## ***Высокоактивный метакаолин – современный минеральный модификатор цементных систем***

Активные минеральные пуццолановые добавки целенаправленно используются уже многие десятилетия для модификации составов на основе портландцемента для повышения прочности, долговечности, непроницаемости и химической стойкости получаемых материалов и конструкций.

Одним из наиболее активных и широко применяемых пуццолановых модификаторов является ультрадисперсный **микрокремнезем (МК)** – отход производства кремний содержащих сплавов, состоящий из сферических частиц размером 0,01–0,1 мкм и содержащий до 95% чистого аморфного кремнезема, способного активно реагировать с известью, выделяемой портландцементом при его гидратации, с образованием нерастворимых в воде вяжущих.

При всех своих положительных качествах, МК обладает и некоторыми недостатками – являясь отходом производства, характеризуется нестабильностью своих свойств, включая цвет, поэтому производители материалов с применением МК должны быть готовы к колебаниям его активности, скорости реакции, водопотребности и других свойств, так же к тому, что стабильный цвет изделий получить будет сложно.

Ультрадисперсный размер частиц МК обуславливает его высокую водопотребность и загущающую способность в цементных растворах и бетонах. Поэтому при применении МК требуется введение большого количества суперпластификаторов для компенсации загущающего эффекта. Более того, применение пластификаторов необходимо для надежного диспергирования склонных к агрегации ультрадисперсных частиц, и без них МК теряет свою эффективность.

Тот же размер частиц МК обуславливает появление повышенной липкости растворов и бетонов с его добавлением. Это является существенным недостатком для отделочных составов, для нанесения которых применяются методы шпаклевания, затирки и заглаживания, так как ухудшается технологичность их применения. В этом случае производители вынуждены вводить в свои составы дополнительные химические добавки, снижающие липкость растворов. Влияние микрокремнезема, золы уноса, диатомита и других неактивных и активных минеральных добавок на свойства бетона изучено в монографии В.С. Рамачандрана и обзоре И. Каримова.

В последние годы в качестве высокоэффективной пуццолановой добавки все большую популярность в мире получает **высокоактивный метакаолин (ВМК)**. Это искусственный экологически чистый материал, производимый из чистых каолинитов. ВМК представляет собой порошок от белого до серовато бежевого или розового цветов со средним размером частиц 1–5 мкм. По своей химической природе ВМК существенно отличается от МК, представляя собой смесь аморфного кремнезема и глинозема практически в равных количествах. Частицы ВМК имеют пластинчатую форму, что обуславливает при указанном размере частиц высокую удельную поверхность, достигающую 30 м<sup>2</sup>/г [3].

Растущая популярность ВМК обусловлена не модой на новинки, а объективными преимуществами этого материала. Несмотря на то, что ВМК, как материал, производимый целевым образом, обладает более высокой стоимостью, его применение взамен МК в большинстве случаев экономически целесообразно последующим причинам.

Активность ВМК (количество извести, нейтрализуемой 1 г ВМК) составляет более 1000 мг; для МК это значение обычно – 340–450 мг. Таким образом, без ухудшения свойств получаемого материала, дозировка ВМК может быть в 2–2,5 раза ниже, чем дозировка МК, что приводит к реальной экономии в 25–35% на стоимости модификатора. В частности, для значительного повышения водонепроницаемости цементных составов достаточно введения 1,5–2% ВМК от массы портландцемента.

Для компенсации повышения водопотребности цементных составов при введении ВМК требуется добавление значительно меньшего количества пластификаторов. Более того, в некоторых составах при оптимальных дозировках ВМК способен даже проявлять пластифицирующий эффект на цементные растворы. Этот эффект можно объяснить тем, что гранулометрия метакаолина дополняет гранулометрию цемента.

Стабильное качество ВМК позволяет избежать частых корректировок рецептур при переходе с одной партии модификатора на другую, а так же отказаться от излишек в дозировке модификатора, призванного скомпенсировать нестабильность его свойств. Это также ведет к экономии на лабораторных испытаниях и на стоимости модификатора.

Светлый цвет метакеолина позволяет применять его в материалах на основе белого портландцемента или гипса, обеспечивая получение декоративных цветных материалов повышенной надежности и долговечности.

ВМК способен связывать щелочи (K, Na, Li) в нерастворимые новообразования, аналогичные по химическому составу цеолитам и полевым шпатам. Это свойство обеспечивает более надежную защиту цементных материалов и конструкций от высолообразования и разрушения в результате силикатно-щелочной реакции.

Мелкодисперсные пластинчатые частицы ВМК обеспечивают модифицируемым смесям высокую пластичность и стойкость к расслоению, а так же отсутствие липкости к инструменту. Эти свойства ВМК особенно ценны для высокоподвижных смесей, таких как самовыравнивающиеся смеси для полов, самоуплотняющиеся бетоны, а так же литые ремонтные и анкерные составы.

Высокое содержание аморфного глинозема в ВМК позволяет применять его в качестве одного из компонентов комплексных безусадочных или расширяющихся вяжущих. Это позволяет получать высокопрочные безусадочные составы с применением ВМК.

Вышеперечисленные и другие преимущества метакеолина делают его очень эффективным в качестве модификатора для следующих видов материалов:

- бетонов высокого качества и долговечности, сочетающих в себе высокую технологичность и надежность за счет таких свойств, как самоуплотняемость, безусадочность, повышенная химическая стойкость и высокая прочность;

- пено и газобетонов пониженной плотности и теплопроводности;

- гидроизоляционных и высокопрочных ремонтных составов;

- высокопрочных и стойких к расслоению самовыравнивающихся составов, в том числе наливных цементных покрытий для полов;

- упрочняющих составов для бетонных полов (сухие упрочнители), обладающих высокой прочностью, непроницаемостью и химической стойкостью при повышенной декоративности и технологичности;

- атмосферостойких штукатурок, шпатлевок, затирок и других отделочных составов;

- гипсоцементнопуццолановых составов (ГЦПВ);

- водостойких составов на основе магнезиальных цементов и щелочных силикатов (жидких стекол).

Опыт использования ВМК в России еще не велик. Но уже первые результаты его промышленного применения и лабораторные исследования позволяют сделать вывод о большой перспективности применения этого материала в промышленности строительных материалов и стройиндустрии. В частности, замена 8% цемента в бетоне на метакеолин позволила повысить раннюю (в возрасте 7 сут) прочность бетона на 15%, а конечную (28 сут) – на 30%.

Имеется положительный опыт замены микрокремнезема на метакеолин в сухих строительных смесях для быстротвердеющих гидроизоляционных штукатурных составов, наливных самовыравнивающихся напольных композиций, затирочных составов для широких швов и др. Исследования открывают новые потенциалы этого материала, которые позволяют использовать его для изготовления высокопрочных ажурных бетонных изделий, строительных смесей на базе ГЦПВ, ангидрита и др.