

1. HIBK:GB? IJH>MDL:

<ukhdhZdlb\fguZdZhe@gFD^a ijh^md^_]b^jZIZpbb
 dZhebgh\]hcbgu ijbjh^gh\]b^jhZexfhkbebdZzZ^h^Zjy
 ki_pbZevg_hcgheh\]b[b]Zb ^Zevg_cri\]hheZijh^mdl
 h[eZ^Z_\lukhdbfbw dkiemZIZpbbhggZjZdl_jbklbdiZfb
 ijbfg_g_gb]hdZd\ khklZ\Zg`_euo f_edha_jgbkluo
 kZfhmiehlgysbokey_]dbogq_bklu[o_lhgh\IZdb ijb
 ijh_dlbjh\Zgbb khklZ\h\ b ijhba\h^kl_ kmobo kljhb
 >_]b^jZibjh\Zgguc Zfhjnguc ZeixfhkklbebdZlmb
 y\ey_lky \ukhdhZdlb\guf ijbjh^guf.inp^jZzZgqfklbb ±
 Zdlb\ghc ^h[Z\dhc kihkh[ghc ijb \aZbfh^_ckl\bb
 (Ca(OH)₂), h[jZah\u\Zlvg_jZkl\hjb fu_gbadhhkgh\gu_
]b^jhZeexfhkbebdZdu.pbyZdb_k\hckl\Z[mkeZ\eb\Zxl
 ij_\hkoh^gklijhbl_evgggbq_kdZjZdl_jbklfbZdbjzbZeh\
 kf_k_bcdh gkljmdgZchckgh[_lhgZ^h[Z\dhucukhdhZdlb\gh]h
 f_lZdZhebgZ

1.1. Nbabq_kdlbck.l\Z

K\hckl\h	AgZq_gb_
P_l	K_jh\Zbhj_fh\uc k_leuc
M^_evgZy ih_joghklv kfδ]	12 000 ±13 000
FZkhh\Zy ^hey hdkb^Z dj_fgby 6	51,4
FZkhh\Zy ^hey hdkb^Z Zexfbgby	> 42
FZkhh\Zy ^hey hdkb^Z ` _e_aZ)H	0,8
ImppheZgbq_kdZy ZdlbAgZkklv f]]	> 1000
<eZ`ghklv	< 0,5
III	< 1
JZ^bhZdlb\ghklv	< 16 fdj qZk

1.2 Технологические свойства

Применение ВМК при приготовлении бетонных смесей ведет к *модификации структуры цементного камня* в затвердевшем бетоне, а именно, к ее *уплотнению*. Такой эффект связан с тем, что средний медианный размер зерен ВМК на порядок меньше тонины вяжущего вещества (будь то портландцемент, гипс или магнезиальное вяжущее), что позволяет говорить об эффекте «*микробетона*», т.е. заполнении межзеренных пустот (пустот между частицами вяжущего) частицами активной минеральной добавки, вступающими в химическое взаимодействие с продуктами гидратации клинкерных минералов, а также с примесными щелочными оксидами, что и ведет к образованию плотных не растворимых водой новообразований.

Следствием такого взаимодействия ВМК с компонентами цементного камня, является существенное уплотнение структуры формирующихся при твердении бетона гидратных новообразований, что ведет к *повышению плотности бетона, его водонепроницаемости, коррозионной стойкости, и долговечности* (бетона и конструкции в целом).

Так как следствием введения в состав бетона ВМК, является его взаимодействие с гидролизной известью (портландитом), образующейся от гидратации основных клинкерных минералов (алита и белита), то в результате твердения, бетон обладает не только повышенной плотностью и как следствие высокими эксплуатационными характеристиками, но и высокой стойкостью к основным видам химической коррозии бетона.

Кроме того, ВМК обладая высокой тонкостью и соответственно развитой поверхностью, работая в комплексе с ПАВ, коренным образом изменяет реологические свойства бетонной смеси. Использование пластификаторов при изготовлении бетонной смеси с тонкодисперсными порошками, активными минеральными добавками, в том числе и метаксаолином, является необходимым условием. В противном случае, высокая дисперсность минерального порошка вызовет резкое повышение водопотребности и, как следствие - существенный спад прочности затвердевшего бетона.

Применение современных высокоэффективных гиперпластификаторов в комплексе с ВМК позволяет помимо снижения расхода цемента, добиваться улучшения консистенции бетонной смеси, повышения подвижности удобоукладываемости и перекачиваемости, связности и устойчивости к расслоению.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1 Тяжелые бетоны.

Использование ВМК при производстве тяжелого бетона позволяет улучшать как свойства бетонной смеси (*удобоукладываемость, текучесть, сегрегационную устойчивость*), так и характеристики готовой бетонной продукции. В частности из-за высокой подвижности и связности бетонной смеси при укладке снижаются, а зачастую и полностью *отсутствуют дефекты поверхности формовки, поры, недоформованные участки, наплывы цементного молока, расслоение и водоотделение*. Также, как уже было описано выше, повышаются *плотность, коррозионная стойкость, водонепроницаемость и прочность бетона*.

2.2 Самоуплотняющиеся бетоны.

Создание высококачественного и самоуплотняющегося бетона не представляется возможным без использования комплекса «*пластификатор + тонкодисперсная АМД*». При этом, наиболее эффективными из современных добавок являются пластификаторы на основе *поликарбоксилатов* и *высокоактивный метакаолин*. Использование ВМК совместно с поликарбоксилатным пластификатором позволяет придать бетону поистине уникальные, не достижимые ранее свойства:

- Способность уплотнения под действием собственного веса;
- Пониженное водоцементное отношение;
- Повышенная прочность, трещиностойкость, водонепроницаемость и коррозионная стойкость;
- Идеальное качество поверхности изделий.

2.3 Мелкозернистые бетоны.

Использование мелкозернистых бетонов как в сухих строительных смесях так и при производстве товарного бетона и изделий заводской готовности носит массовый характер. При этом растет производство мелкозернистых вибропрессованных, штампованных бетонов а также изделий экструзионных, с немедленной распалубкой. При проектировании и изготовлении таких бетонных смесей как правило стремятся к снижению расхода вяжущего, что неминуемо ведет к падению прочностных характеристик бетона, что частично может быть скомпенсировано за счет интенсивного уплотнения при формовке, но также требует точного расчета. Для обеспечения надлежащей прочности свежееотформованного сырца, необходимо введение в состав бетона тонкодисперсного наполнителя функцию которого выполняет ВМК, который помимо всего прочего значительно влияет на *кинетику набора прочности* мелкозернистого бетона, а также, *конечную прочность и деформативные свойства* затвердевшего бетона.

В сухих строительных смесях (как правило представляющих из себя мелкозернистые бетоны) ВМК играет различную роль в зависимости от назначения смеси. В смесях штукатурных и ремонтных метаксаолин обеспечивает необходимую *пластичность и связность* смеси, а также *высокую чистоту поверхности* после нанесения. В высокоподвижных (самонивелирующихся) сухих смесях, ВМК используют для *снижения расхода вяжущего*, а также для *стабилизации смеси и предотвращения водоотделения и высолообразования*.

2.4 Ячеистые бетоны.

Применение высокодисперсной АМД в форме метаксаолина в ячеистых бетонах на портландцементном вяжущем (газо- и пенобетонах) позволяет комплексно решать ряд «традиционных» для производителей легких бетонов проблем:

- 1) *Увеличить выход годной продукции за счет исключения осадки, и равномерной пористости материала.*
- 2) *Обеспечить идеальную геометрию блоков из ячеистого бетона.*
- 3) *Увеличить прочность сырца (снизить тем самым брак при распалубке)*

4) *Использовать менее активный цемент.*

Решению всех этих проблем способствует эффект *модификации микроструктуры* цементного камня и как следствие *повышение прочности межпоровых перегородок*. Что в итоге позволяет гарантированно обеспечить надлежащий класс прочности бетона при заданной плотности.

2.5 Силикатные бетоны (автоклавный плотный бетон и ячеистый - газосиликат)

Введение ВМК в состав силикатных бетонов способствует *улучшению характера новообразований* при автоклавной обработке сырца. Что в итоге позволяет увеличить *морозостойкость* и *коррозионную стойкость* (к выщелачиванию) автоклавных силикатных бетонов. Для газосиликата характерно проявление модифицирующего действия ВМК на структуру бетонного камня в межпоровых перегородках, аналогично его действию в ячеистых бетонах на портландцементном вяжущем.

2.6 Смешанные вяжущие (ГЦПВ, и др.)

Использование высокоактивного метакаолина в качестве пуццоланового компонента смешанных вяжущих дает непревзойденный эффект при получении материалов с высокими физико-механическими характеристиками. За счет высокой активности по отношению к извести и развитой поверхности ВМК активно взаимодействует с компонентами вяжущего и наиболее полно связывает известь образующуюся в ходе гидратации цементной части вяжущего или вводимой отдельно. В следствие чего затвердевший бетон на смешанном вяжущем обладает повышенными свойствами (*плотность, водонепроницаемость, износостойкость, прочность*).

2.7 Воздушные вяжущие (гипсовое, магнезиальное)

Совместное использование ВМК с воздушными вяжущими в не зависимости от применяемых добавок регулирующих сроки схватывания и кинетику твердения и различных затворителей, позволяет решить «основную проблему» такого рода материалов – *увеличить водостойкость*.

Кроме того, при использовании ВМК с воздушными вяжущими в составе ССС (сухих строительных смесей) улучшается весь комплекс свойств, связанный с технологичностью использования сухих смесей (*стабилизация высокоподвижных, придание связности и отсутствие липкости у затирочных и гарцовочных составов, повышение водостойкости, плотности и прочности*).

3. СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ

Использование всех без исключения активных минеральных добавок в бетоны, смеси и растворы различного назначения неминуемо сопряжено с необходимостью применения высокоэффективных добавок для регулирования реологических свойств бетонных смесей и растворов (пластификаторов), в связи с высокой тониной помола АМД и соответственно, развитой поверхностью зерен минерального порошка. Среди таких добавок, наибольшей эффективностью, при взаимодействии с ВМК, обладают *гиперпластификаторы на поликарбоксилатной основе*.

Таким образом, методика составления и приготовления бетонных смесей с ВМК, в общем случае выглядит как последовательность:

3.1 Для бетонов и смесей на портландцементном вяжущем.

3.1.1. Коррекция базового (имеющегося и используемого на предприятии) состава бетонной смеси, в части вяжущего – замена от 5 до 15 массовых процентов цемента на ВМК. При этом. Как показывает практика применения ВМК, для большинства цементов Отечественного производства – оптимум дозировки метакаолина лежит в пределах 8 – 10 %. Увеличение дозировки свыше 10 % как правило, не ведет к существенному улучшению свойств бетонной смеси и затвердевшего бетона и потому, не влияя на снижение расхода вяжущего, является экономически нецелесообразным.

3.1.2. Коррекция расхода пластифицирующей добавки.

Из за высокой удельной поверхности ВМК (более 10 000 см²/г), его введение в составе вяжущего, увеличивает водопотребность комплекса «вяжущее + ВМК» что ведет к повышению расхода воды и как следствие, к падению плотности цементного камня и, соответственно, его прочности. Для обеспечения «приемлемых» реологических свойств цементного теста и бетонной смеси в целом, необходимым является применение пластификаторов.

При этом, расход пластификатора рассчитывается в процентах к массе комплекса «вяжущее + ВМК», и является несколько повышенным по сравнению с составами без использования микронаполнителя. Стандартными дозировками современных, эффективных пластификаторов являются : 1 - 1,2% . При этом предпочтительным является использование пластификаторов на основе поликарбоксилатов.

3.1.3. Приготовление пробных замесов.

При приготовлении пробных замесов, следует учитывать особенность взаимодействия поверхностно – активных веществ (ПАВ) – пластификаторов с комплексом «вяжущее + ВМК». В следствие высокого содержания алюминатных фаз в вяжущем и метакеолине, адсорбция ПАВ, в первую очередь происходит на них. Результатом этого являются различные эффекты: от резкого снижения или почти полного отсутствия пластифицирующего действия вводимых добавок – пластификаторов, до схватывания («вставания») смеси уже в первые минуты после затворения ее водой и введения ПАВ.

Для исключения таких эффектов, следует соблюдать последовательность приготовления бетонной смеси:

- Сухое смешение компонентов (в т.ч. «вяжущее + ВМК»);
- Введение 60 – 75% воды затворения, тщательное перемешивание;
- Введение оставшейся части воды затворения и пластифицирующей добавки, повторное перемешивание.

При этой последовательности достигаются наилучшие результаты по однородности бетонной смеси и исключается «вредное» влияние алюминатов цемента и ВМК на реологические свойства бетонной смеси при ее приготовлении.

3.1.4. Коррекция расхода вяжущего (и добавок).

По достижении марочного возраста (или после пропарки) в соответствии с действующими на предприятии технологическими регламентами, определяется «избыточная» прочность бетона. После чего производится пошаговое (как правило не более 10-15%) снижение расхода вяжущего и соответствующее снижение добавок (ВМК и пластификатора) для снижения прочности бетона до заданного класса.

3.2. Для сухих строительных смесей.

В зависимости от вида решаемой задачи (повышение, плотности, прочности, водостойкости и водонепроницаемости, борьба с расслоением, высолами, повышение пластичности и т.д.) дозировка ВМК может быть назначена в интервале от 5-7 до 20-25% от массы вяжущего (если речь не идет о ГЦПВ).

При этом выбор расхода является сугубо – индивидуальным для каждого предприятия – изготовителя и зависит от вида и расхода вяжущего, количества и гранулометрии наполнителей, вида и расхода добавок пластификаторов и регуляторов кинетики твердения и схватывания смесей. А также соотношения: эффекта улучшения свойств готовой продукции с экономической целесообразностью такого улучшения.

3.3 *Для гипсо-цементно-пуццолановго вяжущего.*

Область оптимальных дозировок компонентов ГЦПВ, зависит от свойств применяемых материалов (гипса и цемента) и требуемых характеристик получаемого вяжущего, и определяется в следующих границах расхода материалов (в массовых долях):

- ГИПС – 50-65% (может быть снижен до 30%);
- ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ – 20-25% (может быть снижен до 10%);
- ВМК – 15-20% (может быть увеличен до 50%).