

К. А. НУРБАТУРОВ

СИНТЕЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЦЕМЕНТНОЗОЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО

Исследована проблема рационального использования цемента в строительстве путем применения смешанных вяжущих. Показано, что добавки-электролиты $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и Na_2SO_4 , ускоряют твердение и повышают прочностные характеристики цементнозольного вяжущего. Полученное высокопрочное быстротвердеющее цементнозольное вяжущее отличается наиболее полной реализацией вяжущих свойств цементной составляющей и при сокращенном расходе цемента характеризуется высокой прочностью.

Перспективным направлением рационального использования цемента в строительстве является широкое применение смешанных вяжущих, содержащих в своем составе повышенное количество активных минеральных добавок. Особое внимание среди минеральных добавок привлекает зола-унос ТЭС. Практически неограниченные ресурсы золошлаковых отходов и высокая эффективность их использования в сборном железобетоне предопределяет целесообразность исследований возможности применения золопортландцементов в монолитном домостроении.

Активизация смешанных цементнозольных вяжущих путем домола в установках различных конструкций – шаровых, струйных, вихревых, в роторно-пульсирующих агрегатах позволяет получать золоцементные вяжущие, альтернативные портландцементу. Установлено, что механохимическая активация при совместном измельчении цемента и золы с добавкой суперпластификатора позволяет активизировать не только клинкерную часть смешанного вяжущего, но и золу-унос как за счет повышения дисперсности вяжущего до $550 \text{ m}^2/\text{kg}$, так и за счет аморфизации и активации поверхности золы.

При оценке смешанных вяжущих принято включать золу в состав вяжущего, так как она активно участвует в формировании микроструктуры цементного камня и влияет на его свойства. В опытах определялась нормальная густота цементного теста с различным содержанием золы и суперпластификатора (рис. 1).

С повышением содержания золы нормальная густота цементного теста возрастает, с введением суперпластификатора – снижается.

Данные рис. 1 показывают, что при увеличении количества С-3 от 0,5 до 1,3 % от массы цемента нормальная густота теста снижается

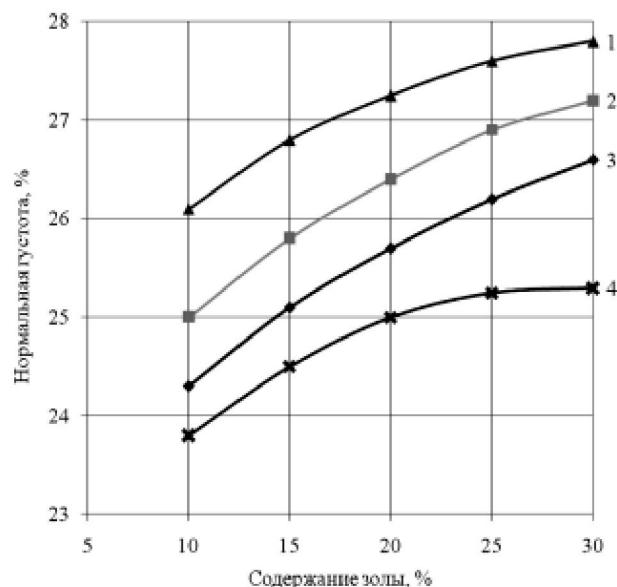


Рис. 1. Влияние содержания золы-уноса на нормальную густоту цементнозольного вяжущего:
1 – без суперпластификатора;
2 – содержание суперпластификатора 0,5%;
3 – то же, 0,8%; 4 – то же, 1,3%

на ~ 8 % при содержании золы до 20–25 % и на ~ 11 % с увеличением содержания золы до 30 %.

Прочность золоцементного камня с повышением содержания в нем золы снижается (рис. 2). С повышением расхода суперпластификатора С-3 от 0,5 до 1,3 % от массы вяжущего при содержании в вяжущем до 15 % золы-уноса прочность золоцементного камня повышается на 15–20 %, при содержании золы 25–30 % – на 25–35 %.

Согласно нашим экспериментальным данным, полученным при домоле золы в скоростной мельнице (табл.), домол резко увеличивает активность золы: активность золы, отобранный с первого фильтра мельницы ($S_{уд} = 600\text{--}680 \text{ m}^2/\text{kg}$), возрастает при домоле по сравнению с исходной по прочности цементнозольных образцов при сжатии на 37 %, по поглощению извести на 64 %,

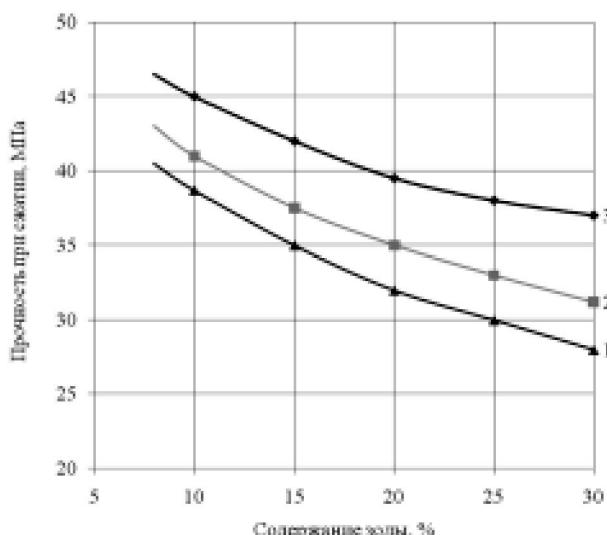


Рис. 2. Влияние содержания золы на прочность цементнозольного камня:
1 – содержание суперпластификатора 0,5%;
2 – то же, 0,8%; 3 – то же, 1,3%

Влияние домола на активность золы-уноса

Место отбора пробы	Удельная поверхность, м ² /кг	Активность золы	
		по пределу прочности при сжатии, МПа	по поглощению извести, мг CaO/г
Сухой отбор с полей электрофильтров Аксуской ГРЭС	500-550	8,6	53,0
После домола в струйной мельнице:			
1 фильтр	600-680	11,8	87,0
2 фильтр	850-900	14,0	130,0

со второго фильтра ($S_{уд} = 850-900 \text{ м}^2/\text{кг}$) – соответственно в 1,6 и 2,5 раза.

В условиях нормально-влажностного твердения вяжущие с минеральными добавками малоактивны, имеют пониженную прочность в ранние сроки. Для активации смешанных вяжущих применяют пропаривание или автоклавную обработку. Твердение смешанных вяжущих в нормальных условиях возможно ускорить при их тонком измельчении совместно с органоминеральными добавками, регулирующими водопотребность и интенсивность нарастания прочности вяжущих.

В работе использован метод механохимической активации цементнозольного вяжущего. Состав вяжущего: бездобавочный портландце-

мент марки 500 – 50-80 %, зола-унос – 18-48 %, суперпластификатор С-3 – 0,9-2,5%.

Водопотребность цементного вяжущего, содержащего до 20 % золы, снижается по сравнению с водопотребностью исходного цемента на 12-15 % при (0,5-0,9) % и на 20 % – при 1,5 % С-3. С увеличением содержания золы до ~ 30 % нормальная густота вяжущего снижается на 15-17 % при (0,6-1 %) С-3 и на 22 % при 2,2 % С-3. При содержании золы ~ 50 % нормальная густота вяжущего снижается на 15-17 % при (0,8-1,3) С-3 и на 20 % при 2,5 % С-3.

Цементнозольное вяжущее характеризуется замедленными сроками схватывания: с увеличением содержания золы до ~ 50 % конец схватывания замедляется более чем на 30 %.

Для изучения влияния тонкости помола на физико-механические свойства цементнозольного вяжущего произведен домол исходных компонентов в скоростном смесителе до удельной поверхности 450 и 550 м²/кг. Содержание цемента в составе вяжущего принято 80, 70 и 50 %, остальное – зола и пластифицирующая добавка С-3.

Согласно результатам испытаний при удельной поверхности 450 м²/кг нормальная густота цементнозольного вяжущего снижается с 26,5 % исходного цемента до 19,4-20 % с максимально принятым расходом суперпластификатора (1,5-2,5 %). Сроки схватывания сокращаются на 1-2,5 ч, но находятся в требуемых для цемента пределах: начало от 1 ч до 2 ч, конец от 2 ч 40 мин до 4 ч 50 мин. С увеличением содержания золы-уноса в составе вяжущего нормальная густота и сроки схватывания возрастают.

С увеличением удельной поверхности вяжущего до 550 м²/кг нормальная густота вяжущего возрастает, сроки схватывания сокращаются, но также остаются в регламентируемых для цемента пределах.

Наилучшие прочностные показатели цементнозольного вяжущего получены при использовании золы-уноса до 20 %. При удельной поверхности 450 м²/кг прочность при сжатии вяжущего, содержащего 50-80 % цемента через 28 суток нормального твердения составляет 40-48 МПа при содержании суперпластификатора от 0,5 до 1,0 % и 43-53 МПа при содержании суперпластификатора от 1,3 до 2,2 %.

Полученное цементнозольное вяжущее характеризуется недостаточно интенсивным

нарастанием прочности в ранние сроки: через 7 и 14 суток нормального твердения прочность составила соответственно 21-30 и 28-33 МПа, что соответствует 30-50% от прочности в 28-суточном возрасте. С повышением содержания цемента и суперпластификатора С-3 (до 2,5 %) в составе вяжущего нарастание прочности ускоряется.

С увеличением удельной поверхности до 550 м²/кг активность цементнозольного вяжущего повышается на 10-20 МПа. К 28-суточному возрасту нормального твердения прочность при сжатии вяжущего, содержащего 70-80 % цемента, достигает 50-58 МПа при содержании суперпластификатора С-3 0,5-1,0 % и 63-68 МПа при содержании С-3 1,3-2,2 %. При содержании цемента 50 % прочность бетона при содержании С-3 2,5 % достигает 50,0 МПа. Значительно интенсифицируется нарастание прочности в ранние сроки твердения (в 7-суточном возрасте достигается 50-60 % прочности от 28-суточной).

Введение ускорителей твердения в состав цементнозольного вяжущего вносит существенные изменения в формирующуюся структуру камня. Весьма существенно, что уплотняющее влияние добавок сульфата натрия и нитрита кальция на структуру цементнозольного камня проявляется в нормально-влажностных условиях твердения. Добавки электролитов изменяют структурную пористость цементнозольного камня. Суммарная структурная пористость снижается на 30-40 %, резко снижается количество открытых капиллярных пор (с 40-50 до 2-8 % в общем объеме пор), увеличивается содержание гелевых пор (с 3-15 до 50-70 %). При этом суммарная плотность камня из цементнозольного вяжущего с добавками Na₂SO₄ в большинстве случаев ниже, чем с добавкой Ca(NO₃)₂ достигается наиболее мелкопористая структура камня.

Полученные данные свидетельствуют об уплотняющем действии рассматриваемых добавок-электролитов на структуру камня из цементнозольного вяжущего.

Рассматриваемые комплексные добавки модифицируют структуру цементнозольного камня, оказывая уплотняющее воздействие и способствуя образованию более мелких пор. Добавки нитрита кальция и сульфата натрия многократно (до 20 раз и более) снижают количество относительно крупных капиллярных пор. В общем объеме пор 50-70 % приходится на долю мелких гелевых пор. Такая мелкопористая структура цементного камня снижает водопоглощение и увеличивает прочностные характеристики бетона.

Таким образом, добавки-электролиты Ca(NO₃)₂ и Na₂SO₄ ускоряют твердение и повышают прочностные характеристики цементнозольного вяжущего. Полученное высокопрочное быстротвердящее цементнозольное вяжущее отличается наиболее полной реализацией вяжущих свойств цементной составляющей и при сокращенном расходе цемента характеризуется высокой прочностью.

Резюме

Күрьылстарда қоспалы тұтқырлықты колдану жолымен цементті үнемді пайдалану мәселесі қарастырылған. Ca(NO₃)₂ және Na₂SO₄ электролит қоспасы цементтің тұтқырлықтың қатаюын жылдамдатып, беріктілігін жогарылатады. Алынған жоғары беріктілік тез-қатаюшы цементтің тұтқырлық цементқұрамындағы тұтқырлық қасиетінің толық іске асымен және цементтің пайдаланған кездеңі жоғары беріктігімен ерекшеленеді.

Summary

The issue of rational use of cement through the use of mixed binders in construction have been researched. It was shown that, supplements electrolytes Ca(NO₃)₂ and Na₂SO₄ speed up the concretion and increase the strength characteristics of cement ash binder. Obtained high strength quick hardening cement ash binder differ with its fullest realization of binder properties of cement component and while reducing the cost of cement it is characterised with high strength.