

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРФОСФОГИПСОБЕТОНОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

Широкое применение в строительстве благодаря высокой прочности, стойкости в агрессивных средах, низкой проницаемости получили полимербетоны. Особое место среди них занимают бетоны и композиции на основе карбамидных смол, так как последние имеют низкую стоимость, малую токсичность, придают изделиям светлый цвет, водорастворимы. Главным недостатком указанных смол как связующих для бетонов является большая усадка получаемого материала, приводящая к его разрушению.

Рядом авторов предлагается введение водосвязующей добавки в виде фосфогипсового вяжущего. Большой интерес представляют композиции на основе мочевиноформальдегидных смол, в которых роль водосвязующей добавки играет вяжущее в виде β -полугидрата фосфогипса, а пластификатором и отвердителем является гидролизный лигнин — отход гидролизной обработки древесины [1]. В такие композиции могут вводиться различные материалы, в том числе и отходы деревообработки, льнокостра, рубленое стекловолокно и другие материалы. При этом физико-механические характеристики получаемых материалов сохраняются или улучшаются [1].

В данной работе изучалась возможность введения в полимерфосфогипсовую композицию плотных и пористых заполнителей. Физико-механические свойства полимербетона, полученного таким образом, будут зависеть в значительной степени от физико-механических и химических свойств заполнителя — прочности, плотности, твердости, формы зерен и других характеристик, которые влияют и на характер распределения пор в полимербетоне.

Минералогический состав, физические и химические свойства естественных заполнителей зависят в свою очередь от вида исходной горной породы, а искусственных — от условий их обработки. Из материалов естественного происхождения для полимербетонов на основе полимерфосфогипса могут применяться заполнители, не содержащие карбонатов, — гранитные и кварцевые песок и щебень, из искусственных — аглопорит, керамзит или перлит. Осадочные и метаморфические породы не пригодны в качестве заполнителей для полимерфосфогипса, так как содержат карбонаты, сульфаты, сульфиды, а также щелочные оксиды. Критерием пригодности изверженных горных пород для полимербетонов может служить содержание SiO_2 и щелочных оксидов, особенно Na_2O и K_2O . Предпочтительными следует считать нейтральные (андезиты, диориты, спениты) и, в меньшей мере, слабокислые породы. Граниты, являющиеся кислыми породами, наиболее широко распространены в природе и отличаются высокой прочностью и стойкостью, поэтому их применение в качестве заполнителей для полимерфосфогипсобетона оправданно. С этой же точки зрения возможно применение кварцевого песка в качестве мелкого заполнителя, несмотря на то, что наличие водной пленки на поверхности кварцевых частиц обуславливает ухудшение их контакта с полимерным связующим в пограничных слоях и ослабление структуры материала. Именно поэтому почти

все смолы плохо сцепляются с кварцевыми частицами. Однако кварцевый песок можно использовать для полимербетонов, учитывая, что основу такого бетона будет составлять крупный заполнитель — гранит.

При оценке заполнителей для полимерфосфогипсобетонов приняты следующие их качественные характеристики: 1) степень чистоты и доброкачественность, которые оцениваются по содержанию вредных примесей, слабых и нестойких включений карбонатов, а также по микрографической однородности; 2) физико-механические свойства: прочность, плотность, водопоглощение и другие; 3) геометрические характеристики: гранулометрический состав, форма зерен, пустотность и характер поверхности зерен; 4) химическая стойкость и совместимость со смолой и катализатором.

Основные физико-механические свойства выбранных породообразующих материалов и горных пород представлены в табл. 1.

Химическая стойкость искусственных пористых заполнителей изучалась рядом исследователей, и было установлено, что перлит химически инертен в кислых средах. То же самое относится к аглопориту. Полимерфосфогипс характеризуется кислой средой [1], поэтому для него были выбраны следующие заполнители: перлит, аглопорит, кварцевый песок и гранитный щебень,

Особенность конгломератов на основе полимерфосфогипса состоит в том, что их микроструктура включает два разнородных по свойствам, но удачно дополняющих друг друга материала: гидратационное вяжущее в виде β -полугидрата фосфогипса и поликонденсационный полимер — мочевиноформальдегидную смолу. Кроме того, присутствующий в полимерфосфогипсе лигнин (естественный полимер) является катализатором отверждения мочевиноформальдегидной смолы. В результате двух одновременно протекающих процессов — гидратационного твердения фосфогипса и поликонденсации водорастворимой мочевиноформальдегидной смолы, катализованной лигнином, с переходом ее в водонерастворимый материал, — образуется материал сложной структуры, в котором фосфогипс и полимер взаимно влияют друг на друга. Мочевиноформальдегидная смола способствует образованию более прочной мелкокристаллической структуры фосфогипса. Кристаллы фосфогипса в свою очередь являются центрами микроструктурообразования получаемого материала. Гидролизный лигнин благодаря своему фибриллярному строению обуслови-

Табл. 1. Основные свойства заполнителей

Показатель	Щебень гранитный	Песок кварцевый	Аглопорит	Перлит
Насыпная плотность, кг/м ³	1640	1710	700...750	75...100
Прочность при испытании давлением в цилиндре, МПа	—	—	1...1,4	0,2...0,8
Плотность, г/см ³	2,36	2,65	2,56	—
Водопоглощение (по массе), %	0,72	1,21	15...18	До 200
Пористость межзерновая, %	36	35,6	50...55	общая
Пористость зерен, %	—	—	40...45	90...98

вает пространственную сшивку молекул мочевиноформальдегидного полимера, упрочняя тем самым материал, а также является пластификатором системы, что позволяет вводить в смеси большие дозы фосфогипса [1].

Таким образом, микроструктура полимерфосфогипса может быть оптимизирована по прочности, водопоглощению, морозостойкости и составу [1]. Но подбор оптимальной макроструктуры полимерфосфогипсбетона не может быть выполнен аналогично выбору его микроструктуры [2], так как часть вяжущего вещества (смолы) микроструктуры расходуется на смачивание зерен заполнителей пропорционально их размерам и активности. При этом обедняются смолой слои на границе раздела заполнитель — микроструктура (вяжущее), тогда как содержание смолы в вяжущем увеличивается. Наиболее целесообразно наносить часть смолы или водный ее раствор на поверхность зерен заполнителя по раздельной технологии [2].

Подбор составов композиций и бетонов с аглопоритом, перлитом и гранитным щебнем производился экспериментально при постоянном составе вяжущего.

Исследовались композиции следующих составов: 1) вяжущее с аглопоритовым щебнем (насыпной плотностью $700...750 \text{ кг/м}^3$, водопоглощением $15...18 \%$, фракции $5...10 \text{ мм}$); 2) вяжущее с сухим перлитовым песком (А — насыпной плотностью $75...120 \text{ кг/м}^3$, водопоглощением до 200% , фракции менее $1,25 \text{ мм}$; Б — насыпной плотностью $150...300 \text{ кг/м}^3$, водопоглощением до 200% , с преобладанием крупных частиц более $1,25 \text{ мм}$); 3) вяжущее с перлитовым песком, модифицированным водным раствором смолы (перлит насыпной плотностью $75...120 \text{ кг/м}^3$, фракции менее $1,25 \text{ мм}$, водопоглощение — до 200%); 4) вяжущее с гранитным щебнем (фракции $10...20 \text{ мм}$, насыпной плотностью 1640 кг/м^3 , водопоглощение — $0,72 \%$), с аглопоритовым (насыпной плотностью 950 кг/м^3 , водопоглощение — $15...18 \%$) и кварцевым песком (насыпной плотностью 1710 кг/м^3 , водопоглощение — $1,21 \%$); 5) вяжущее с аглопоритовым щебнем и аглопоритовым и кварцевым песком (характеристики материалов те же).

Составы 4 и 5 рассматривались с точки зрения обеспечения максимальной прочности получаемого материала. Установлено, что предел прочности бетона составов 4 и 5 невелик (на сжатие — не выше $17...18 \text{ МПа}$), что свидетельствует о неполной поликонденсации смолы из-за недостатка катализатора — лигнина. Поэтому были исследованы составы 4 и 5 с оптимальным соотношением мелкого и крупного заполнителей и повышенным содержанием лигнина. В этом случае предел прочности на сжатие составил 40 МПа для полимербетонов на плотном заполнителе и 26 МПа — на пористом (рис. 1). Составы 1...3 исследовались с точки зрения обеспечения минимальной плотности материала, т.е. максимального наполнения композиций пористым заполнителем. Результаты исследований представлены на рис. 2 и 3. Максимальное наполнение (массовая доля) аглопорита в композиции при удовлетворительной ее удобоукладываемости — 76% . При этом плотность материала составляет 900 кг/м^3 , предел прочности на сжатие — $3,1 \text{ МПа}$, на растяжение при изгибе — $1,5 \text{ МПа}$.

Максимальная массовая доля заполнителя — мелкого сухого перлитового песка — при удовлетворительной удобоукладываемости смеси составляет 20% (при этом плотность материала — 605 кг/м^3 , предел прочности на растяжении

при изгибе — 1,2 МПа, на сжатие — 1,5 МПа); крупного сухого перлитового песка — 23 % (плотность материала — 480 кг/м³, предел прочности на растяжение при изгибе — 0,6 МПа, на сжатие — 1,2 МПа); мелкого перлитового песка, модифицированного раствором смолы, — 28,7 % (плотность материала — 630 кг/м³, предел прочности на растяжение при изгибе — 1,0 МПа, на сжатие — 2,9 МПа).

Как видно из полученных результатов, при заполнении полимерфосфогипсового вяжущего инертными заполнителями для полной поликонденсации мочевиноформальдегидной смолы необходимо вводить повышенные дозы катализатора (лигнина гидролизного) — до 20 %. При необходимости получения бетона с пределом прочности при сжатии свыше 40 МПа следует вводить в смеси кислые катализаторы в виде соляно-кислого анилина и т.п.

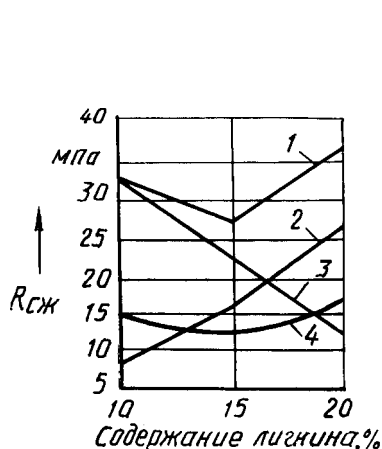


Рис. 1. Предел прочности полимерфосфогипсобетона на сжатие в зависимости от содержания в них лигнина:

1 — бетон с гранитным щебнем и кварцевым песком; 2 — с аглопоритовым щебнем и кварцевым песком; 3 — с гранитным щебнем и аглопоритовым песком; 4 — с аглопоритовыми щебнем и песком

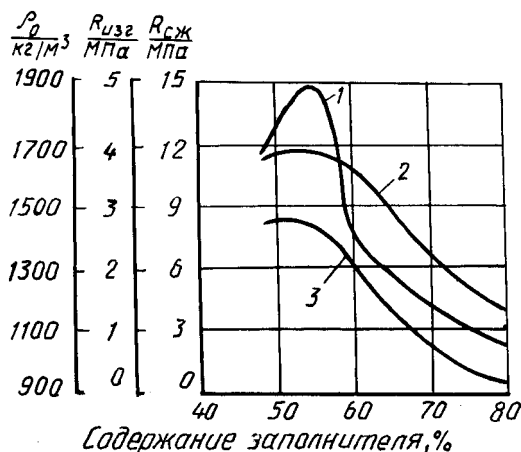


Рис. 2. Прочность и плотность полимерфосфогипсобетона в зависимости от содержания в нем аглопоритового заполнителя:

1 — предел прочности на сжатие $R_{сж}$; 2 — предел прочности на растяжение при изгибе $R_{изг}$; 3 — плотность ρ_0

При получении легких полимерфосфогипсобетона на аглопоритовом и перлитовом заполнителях максимальное наполнение ими полимерфосфогипсового вяжущего достигается в случае, если заполнители модифицированы водным раствором смолы. Прочность композиции с перлитом в последнем случае несколько повышается, плотность ее увеличивается. Следовательно, для получения бетонов меньшей плотности следует менять состав вяжущего. Применение перлитового заполнителя более крупной фракции дает возможность получать композиции с меньшей плотностью, но при этом снижается и их прочность. Изменяя состав вяжущего, можно получить композиции с перлитовым заполни-

телом, имеющие следующие характеристики: плотность — $350..500 \text{ кг/м}^3$, предел прочности на сжатие — от 0,7 до 2,4 МПа, на растяжение при изгибе — от 0,6 до 1,6 МПа.

Материалы на основе полимерфосфогипса могут найти широкое применение в строительстве. Композиции на плотных заполнителях применимы в качестве конструкционных материалов, работающих в агрессивных средах: для устройства износо- и коррозионностойких полов химических предприятий, животноводческих комплексов и общественных зданий, сливных колодцев, кольцевых коллекторов подземных сооружений, безнапорных труб, фасонных деталей трубопроводов и т.п. Материалы на пористых заполнителях могут быть использованы в качестве тепло- и звукоизоляционных материалов, а также конструкционно-теплоизоляционных. На перлитовых заполнителях могут быть изготовлены трехслойные стеновые панели для промзданий, трехслойные плиты покрытий, стеновые блоки для малоэтажных зданий.

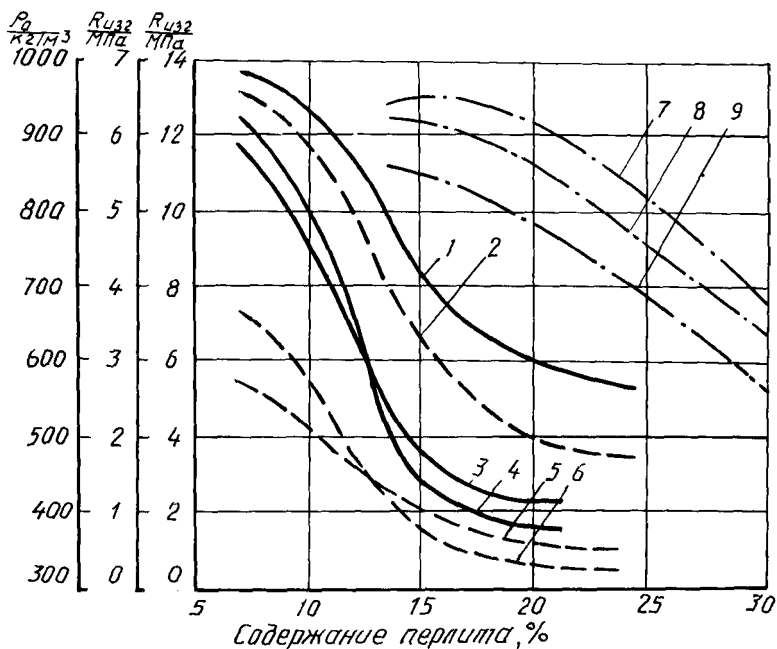


Рис. 3. Прочность и плотность полимерфосфогипсобетона в зависимости от содержания в нем перлитового заполнителя:

1,2,9 — плотность ρ_0 ; 4,5,7 — предел прочности на сжатие $R_{сж}$; 3,6,8 — предел прочности на растяжение при изгибе $R_{изг}$ (сплошная линия — мелкий сухой заполнитель, пунктирная — крупный сухой, штрихпунктирная — мелкий модифицированный)

Технология приготовления полимерфосфогипсобетонов — раздельная. Основы рациональной заводской технологии подобных бетонов изложены в [1] и [2].

Таким образом, использование промышленных отходов в качестве наполнителей и отвердителей полимерных композиций в сочетании с легкими по

ристыми и плотными заполнителями дает возможность получать новые эффективные и недорогостоящие местные конструкционные, конструкционно-теплоизоляционные и теплоизоляционные материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жаврид С.С., Малихтарович В.И., Абрамов В.М. Строительные изделия и конструкции из полимерфосфогипса. — Мн., 1982. — 162 с. 2. Соломатов В.И. Технология полимербетонных и армополимербетонных изделий. — М., 1984. — 195 с.

УДК 666.942.2:666.944.21

В.Д. ЯКИМОВИЧ

ГАЗОВАЯ АКТИВАЦИЯ ЦЕМЕНТА

Повышение активности цемента, максимальное использование его потенциальных вяжущих свойств являются актуальной задачей, решение которой непосредственно ведет к экономии материальных и энергетических ресурсов. В последнее время предложено много различных способов активации цемента, включающих механическое, физическое и химическое воздействие на него.

Сорбционные процессы, происходящие на поверхности цементного зерна, в основном изучались в системе цемент—вода, что во многом связано с широким применением различных химических добавок к бетонным смесям, в первую очередь поверхностно-активных [1]. В частности, обнаружены избирательный характер сорбции различных добавок на различных участках минеральных частиц цемента, значительное влияние содержания добавок на скорость твердения смеси и на конечные физико-механические характеристики бетона.

В БПИ проведены работы по активации сухого цемента путем его нагревания. В результате экспериментов было выявлено улучшение реологических характеристик цементного теста и повышение прочности бетона на 15...17%. Эффект активации цемента объясняется десорбцией с поверхности его частиц молекул воздуха и появлением на ней в связи с этим электростатического заряда.

Предполагается, что повышение активности цемента и микроструктура цементного камня зависят не только от адсорбции на частицах цемента молекул газов, но и от того, на каких участках и в какой степени адсорбируется на них тот или иной газ. Предположение о значительности влияния газового адсорбционного слоя на свойства вяжущего вполне закономерно, поскольку доля газа, адсорбированного на всей поверхности частиц цемента, значительна даже в монослое.

В обычных условиях на поверхности цементного зерна адсорбируется воздух, который состоит в основном из азота и кислорода. При затворении цемента водой эти газы остаются химически пассивными ко всем минералам, входящим в его состав. Кроме того, они создают дополнительные поры в затвердевшем цементном камне, что приводит к снижению физико-механических характеристик бетона.