

го (до 26 %) , которая превышает пустотность смеси. Эпоксидная смола, обладающая высокой адгезией к поверхности зерен  $\text{SiO}_2$ , преимущественно сорбируется на поверхности частиц заполнителя, образуя прочный пространственный каркас. В то же время имеет место процесс выдавливания пластификатора в межзерновые пустоты, что позволяет значительно уменьшить проницаемость полимербетона за счет гидрофобизирующих свойств полиэтилена. Дальнейшее увеличение содержания низкомолекулярного полиэтилена (более 20 %) приводит к естественному снижению прочности материала.

Таким образом, применение в качестве пластификатора низкомолекулярного полиэтилена, который является отходом производства, а также уплотнение смеси методом прессования (трамбования) дают возможность получить покрытие высокой плотности и коррозионной стойкости, а также снизить его стоимость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеев Ю.В., Зайков Г.Е. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах. — М., 1979. — 288 с. 2. Лаврега Л.Я., Бориславская И.В., Сладкова Л.С. Повышение долговечности покрытий полов на мясокомбинатах // Мясн. индустрия. — 1983. — № 1. — С. 30—32. 3. Урьев Н.Б., Михайлов Н.В. Склеивание твердых поверхностей высоконаполненными полимерными клеями при вибрации // Строит. материалы. — 1968. — № 5. — С. 10—11. 4. Соломатов В.И., Кузнецова З.И. Защитные свойства эпоксидно-гидроновых композиций // Строи и архитектура. — 1982. — № 7. — С. 43—44. 5. Иртуганова С.Х., Дицман В.С., Галактионов А.И. Усовершенствованные полимеррастворы для химически стойких покрытий полов // Тр. ЦНИИПромзданий. — 1974. — Вып. 34. — С. 36—38.

УДК 666.914

И.М. ЛЯШКЕВИЧ

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРЕССОВАННЫХ ГИПСОВЫХ СИСТЕМ

В Межотраслевой научно-исследовательской лаборатории новых строительных материалов БПИ с привлечением физико-химических методов анализа (рентгеноструктурного, дифференциально-термического и химического, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии) исследовано влияние давления прессования на процессы гидратации и структурообразования оводненных дисперсных систем на основе полугидрата и дигидрата сульфата кальция и процесс синтеза структуры порошкообразного двуводного гипса.

Систематизированы и условно выделены основные физико-химические факторы, сочетание которых в определенных условиях приводит к формированию высокопрочных гипсовых структур: 1) оводнение исходного гипсового материала; 2) создание необходимого уровня пересыщения в жидкой фазе системы; 3) сближение частиц твердой фазы с преодолением энергетического барьера до установления ближней коагуляции (создание в системе развитой

коагуляционной структуры); 4) интенсификация процесса образования кристаллизационных контактов; 5) поддержание необходимого уровня пересыщения жидкой фазы в отформованном материале для последующего его упрочнения; 6) перекристаллизация кристаллов гипса; 7) пластическое деформирование кристаллов; 8) "спекание" кристаллов; 9) создание на границе раздела фаз наполнитель—гипс локальных зон высокого давления.

В стандартных технологиях для изготовления гипсовых изделий используется тесто нормальной густоты и тем самым реализуются структурообразующие факторы 1, 2 и частично фактор 3 (табл. 1). Однако не только эти факторы определяют образование высокопрочной структуры гипсового камня.

Разработанный в БПИ способ фильтрационного прессования [1] предполагает использование гипсового теста нормальной густоты. В определенный момент времени, когда в полной мере реализованы факторы 1 и 2, смесь формируют путем прессования с одновременным удалением из нее избытка воды затворения. При этом форсируется реализация фактора 3 и создаются условия для проявления фактора 4. В результате получается материал, характеризующийся высокопрочной кристаллической структурой, причем в отформованном изделии остается резерв исходного вяжущего, благодаря чему создаются условия для реализации фактора 5, т.е. дальнейшего упрочнения структуры материала.

Достоинством рассмотренного способа фильтрационного прессования является возможность получения высокопрочного материала при умеренных давлениях прессования на стадии образования коагуляционной структуры, когда система характеризуется максимальной термодинамической неустойчивостью.

В отдельных случаях, например при определенном содержании в смеси фракционированного песка из плотных пород, структурообразование (фактор 3) может протекать со сдвиговыми деформациями кристаллов, при этом на границе раздела фаз наполнитель—гипс могут образовываться локальные зоны высокого давления (фактор 9).

Процесс гидратации в системе гипсовое вяжущее — вода при воздействии давления вначале ускоряется (в момент наложения давления), а затем замедляется (в уже отформованном изделии) по сравнению с литыми образцами стандартного изготовления.

Из табл. 2 видно, что в образцах стандартного твердения полная гидратация вяжущего достигается уже в суточном их возрасте, в то время как в прессованной системе она не завершается даже в образцах трехмесячного возраста.

Несколько иной характер гидратации наблюдается в системах с волокнистыми (наполнитель—целлюлозные волокна) и зернистыми (заполнитель из твердых горных пород) включениями. В первом случае гидратационные процессы ускоряются и заканчиваются уже через сутки, так как протекают в системе с повышенной пористостью при избытке жидкой фазы, содержащейся в целлюлозных волокнах. Во втором случае гидратация заканчивается лишь в образцах 21-суточного возраста, так как содержание вяжущего в этой системе ниже, чем в чисто гипсовой. При введении гидравлических и поверхностно-активных добавок процессы гидратации существенно затормаживаются (см. табл. 1, 2).

Табл. 1. Структурообразование систем на основе полуводного сульфата кальция

Характеристика исходной системы	Структурообразующие факторы при формировании изделий	
	литьем (гидратационное твердение)	путем фильтрационного прессования (гидратационное твердение в стесненных условиях)
Стандартного изготовления без добавок	1; 2; 3	
Без добавок		1; 2; 3; 4; 5
С гидравлическими и специальными химическими добавками		1; 2; 3; 4; 5*
С волокнистыми заполнителями		1; 2; 3; 4; 5**
С заполнителями из плотных пород		1; 2; 3***; 4; 5***; 9

\* С замедлением процесса гидратации.

\*\* С ускорением процесса гидратации.

\*\*\* С деформациями сдвига.

Табл. 2. Относительное\* содержание  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в прессованных гипсовых композициях

Возраст образцов, сут	Камень стандартного изготовления	Прессованный гипсовый камень			
		без добавок	5 % портланд-цемента ГКЖ-94	20 % целлюлозного волокна	25 % фракционированного кварцевого песка
0,42	93,7	85,9	48,69	89,94	81,36
0,5	99,1	93,0	—	94,89	—
1	100	94,4	60,38	100	91,09
2	—	95,6	66,51	—	—
3	—	96,4	70,98	—	95,41
7	—	97,8	79,65	—	—
14	—	98,4	84,61	—	97,88
21	—	98,7	85,53	—	100
30	—	98,8	86,87	—	—
90	—	99,3	95,22	—	—

\* В процентах от суммарного содержания дигидрата и полугидрата сульфата кальция.

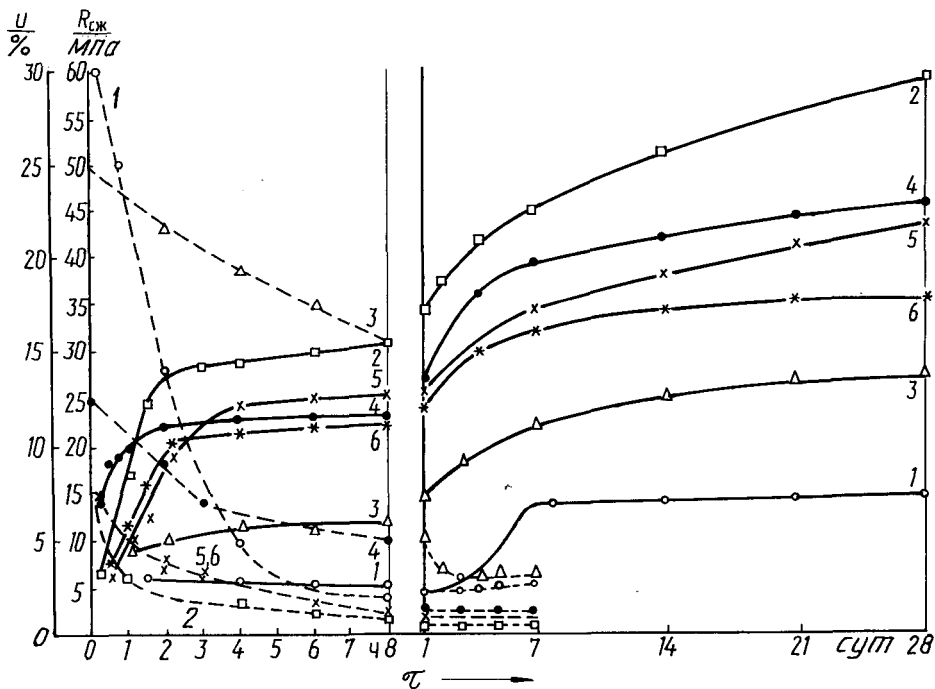


Рис. 1. Кинетика структурирования системы на основе гипсового вяжущего: 1 — камень стандартного изготовления; 2 — прессованный гипсовый камень (без добавок); 3 — то же с содержанием целлюлозного волокна 20 %; 4 — с содержанием шлакопортландцемента 30 %; 5 — 5 % портландцемента + 0,5 % ГКЖ-94; 6 — 3 % гашеной извести + 0,5 % ГКЖ-94 [ сплошная линия — предел прочности при сжатии  $R_{сж} = f(\tau)$ , пунктирная линия — влагосодержание  $U = f(\tau)$  ]

Как видно из графика на рис. 1, прессованные материалы по сравнению с гипсовым камнем стандартного изготовления характеризуются более высокой скоростью структурирования. Наивысшей скоростью структурирования характеризуется система без добавок (кривая 2), а наименьшей — с волокнистыми добавками (кривая 3).

Исследование структуры твердой фазы полученных материалов показало, что ее отличительной особенностью являются высокая плотность упаковки кристаллов и ритмично-блочная ориентация в пространстве вследствие направленного движения и удаления избытка жидкой фазы на стадии коагуляционно-го структурирования в условиях фильтрационного прессования.

Таким образом, процесс твердения системы  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$  — вода при действии структурирующих факторов 1...5 приводит к формированию высокопрочной кристаллизационной структуры, самоупрочняющейся во времени.

Рассмотрим теперь некоторые аспекты образования структур на основе двуводного сульфата кальция (оводненная система и сухой порошок) без традиционного перевода дигидрата в вяжущее путем обжига (табл. 3).

Табл. 3. Структурообразование прессованных систем на основе двухводного сульфата кальция

характеристика	Система $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — вода			Система $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
	механизм твердения	структурообразующие факторы	вид воздействия	механизм структурообразования	структурообразующие факторы
С добавками, в том числе гидравлическими	Гидратационный с созданием искусственным путем пересыщения жидкой фазы	1...5	Ударное прессование	Твердофазовый с пластической деформацией кристаллов и их "спеканием"	4; 7; 8
Предварительно активированная:			Прокатка	То же	То же
путем частичной дегидратации дигидрата	Гидратационный с реакцией на поверхности зерна дигидрата	1; 3; 4			
путем тонкого измельчения дигидрата	Безгидратационный с перекристаллизацией исходных зерен дигидрата	2; 3; 6	Высокоскоростная импульсная штамповка	— " —	— " —
путем механохимической обработки (система с гидравлическими добавками)	С гидратацией гидравлического компонента на поверхности гипсового зерна	2...5	Взрывное прессование	— " —	— " —

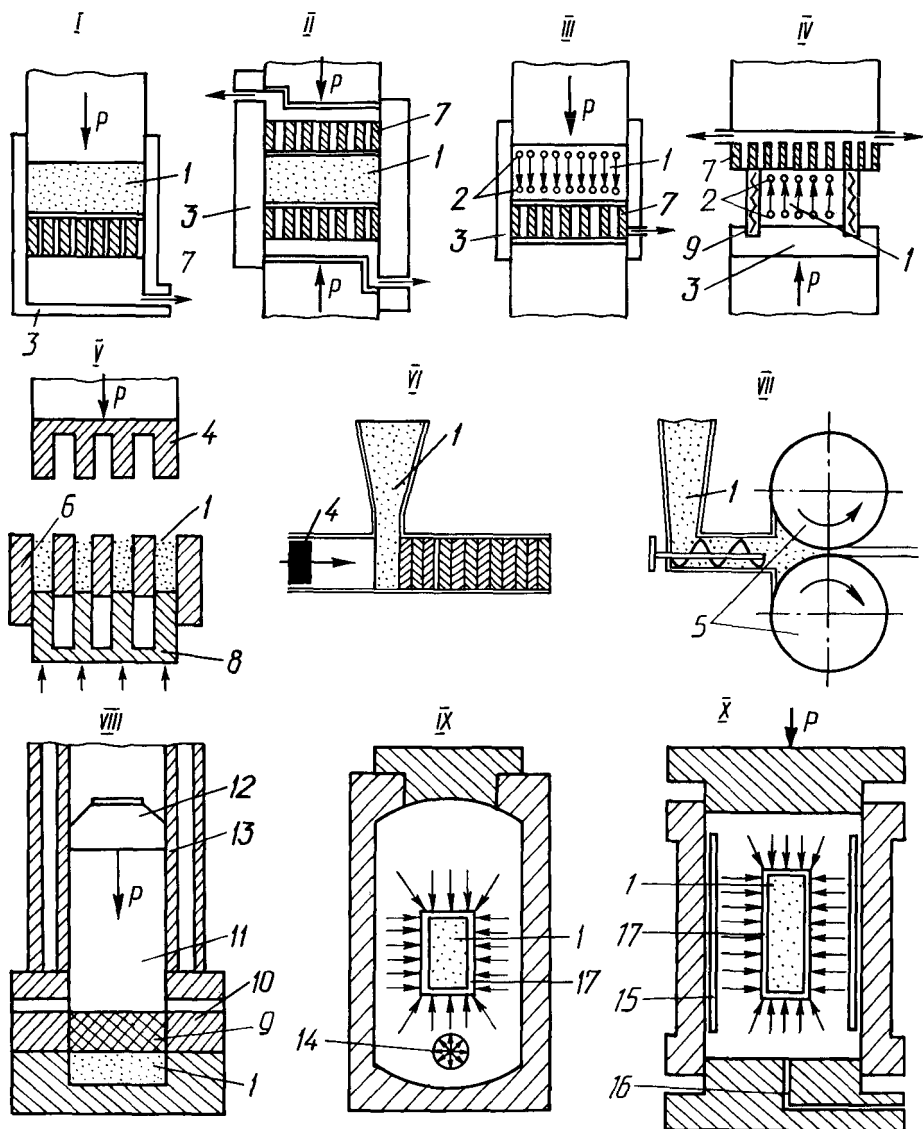


Рис. 2. Схемы статического и динамического прессования гипсовых материалов: I — фильтр-прессование пластичной гипсовой смеси в жесткой форме (одностороннее); II — то же с удалением влаги в обоих направлениях; III, IV — то же гипсопесчаной смеси с удалением влаги в разных направлениях (IV — прессование в пресс-формах с гибкими эластичными элементами), V — прессование жесткой водогипсовой смеси в динамическом режиме; VI — динамическое прессование порошка гипса на брикетировочном прессе; VII — то же на валковом прессе; VIII — на штамповочном прессе; IX — во взрывной камере; X — изостатическое горячее прессование порошка двуводного гипса; 1 — водогипсовая смесь, порошок гипса; 2 — монофракционный кварцевый наполнитель; 3 — пресс-форма; 4 — штамп; 5 — валки; 6 — формообразующая матрица; 7 — фильтр; 8 — выпрессовочное устройство; 9 — эластичная рама (среда); 10 — матрица; 11 — камера; 12 — боек; 13 — ствол; 14 — заряд ВВ; 15 — нагревательное устройство; 16 — подача газа; 17 — предохранительная оболочка

Материалы на основе системы двухводный гипс — вода получали либо с введением специальных добавок, поддерживающих в течение длительного времени определенный уровень пересыщения жидкой фазы [2], либо путем предварительной активационной обработки смеси и последующего ее прессования [3,4]. Физико-химическая схема структурообразования в первом случае идентична схеме для системы с гипсовым вяжущим; отличие состоит в том, что условия для проявления структурообразующих факторов 2 и 5 создаются искусственным путем за счет введения добавок в смесь.

При активационной обработке смеси (путем частичной дегидратации дигидрата либо путем тонкого его измельчения или механохимической обработки) обязательно проявляются факторы 2 и 3. В случае поверхностной дегидратации дополнительно действует фактор 4, в случае механохимической обработки — факторы 4 и 5. После активации пластичных смесей осуществлялось их прессование с фильтрационным удалением жидкой фазы и без удаления ее в случае применения жестких смесей.

Структурообразование материала на основе порошкообразного двухводного гипса возможно при воздействии динамической нагрузки (ударное прессование, прокат, штамповка, взрыв). При этом не требуются специальные добавки и предварительная активационная обработка. Синтез структуры происходит с участием фактора 4, а также факторов 7 и 8. Во всех рассмотренных случаях динамического прессования процесс структурообразования материала идет в дигидратной фазе.

Выполненные исследования позволили разработать технологические схемы производственных эффективных строительных материалов и изделий с использованием фильтрационного прессования пластичных оводненных систем (рис. 2, I...IV), статического и динамического прессования жестких водогипсовых смесей (рис. 2, V), а также динамического прессования сухого порошка гипса (рис. 2, VI...X).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ляшкевич И.М., Раптунович Г.С. О возможности получения высокопрочных строительных материалов на основе мономинеральных вяжущих веществ // Техника, технология, орг. и экономика стр-ва. — Мн., 1983. — Вып. 9. — С. 24–27.
2. Ляшкевич И.М., Раптунович Г.С., Полак А.Ф. О возможности формирования кристаллизационных структур на основе дигидрата сульфата кальция // Изв. вузов СССР. Сер. Стр-во и архитектура. — 1985. — № 12. — С. 60–63.
3. Ляшкевич И.М. Высокопрочные строительные материалы и изделия на основе гипса и фосфогипса // Строит. материалы. — 1985. — № 11. — С. 10–11.
4. Ляшкевич И.М. Новые эффективные строительные материалы на основе гипса и фосфогипса. — Мн.: БелНИИНТИ, 1986. — 56 с. — (Сер. 67.15.33: Обзор. информ.).