

УДК 666.91

Б.М. Румянцев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОРИЗАЦИИ ГИПСОВЫХ СИСТЕМ

Обоснована перспективность поризованных гипсовых материалов в связи с их широкими возможностями в производстве отделочных, стеновых, звукопоглощающих и теплоизоляционных изделий. Предложен метод сухой минерализации пены.

Ключевые слова: гипсовые материалы, пена, сухая минерализация, структура, оптимизация.

UDK 666.91

B.M. Rumyanstev

PROCESS OPTIMIZATION OF PLASTER SYSTEMS POROUSING

The promise of porous gypsum materials in view of their top ranges in progress of decorative, wall, sound-deadening and insulation products is justified. The method of dry mineralization skim is offered.

Key words: gypseous materials, skim, dry mineralization, structure, optimization.

Поризация гипсовых материалов сопряжена с большими трудностями из-за коротких сроков схватывания вяжущего. По этой причине практически не выпускается газогипс в отличие от газобетона, изготавливаемого на основе цемента. В настоящее время поризация гипсовых систем идет по пути применения поверхностно-активных веществ (ПАВ), обеспечивающих необходимое воздухововлечение при получении гипсового раствора или при перемешивании гипсового теста с заранее подготовленной пеной. Такие подходы к поризации гипсовых систем находят широкое применение в производстве отделочных гипсокартонных листов, перегородочных плит и других изделий со средней плотностью не менее 800 кг/м^3 .

Большие трудности при поризации гипсовых систем представляет проблема получения материалов со средней плотностью $350...400 \text{ кг/м}^3$, характеризующихся оптимальной структурой и в максимальной степени обеспечивающих их функциональное назначение (звукопоглощение, термическое сопротивление и другие показатели). Решение комплексной задачи, связанной с обеспечением необходимых структурных характеристик, улучшением физико-технических и эксплуатационных показателей, в значительной степени возможно при применении метода сухой минерализации пены. Метод включает две основные операции: приготовление пены и ее минерализацию путем подачи сухого порошка вяжущего на поверхность пены при одновременном перемешивании получаемой массы. Введение гипсового вяжущего в порошкообразном виде на заключительной стадии вспенивания позволяет стабилизировать структуру пеномассы, перевести жидкую дисперсную среду в пластично-вязкую, а после гидратации и схватывания гипсового вяжущего — в твердую.

Такой подход к технологии гипсовых материалов в отличие от традиционного способа получения пеногипсовых масс позволил упростить технологию, снизить водогипсовое отношение до $0,4...0,5$, сократить цикл приготовления пеногипсовой массы до $0,5...1,0$ мин, а за счет изменения плотности и дисперсности пены, интенсивности и степени минерализации сравнительно легко и в широких пределах регулировать свойства пеногипсовых материалов.

Регулирование структурных и физико-механических свойств материала достигается за счет изменения содержания пенообразователя, степени минерализации пены, интенсивности перемешивания компонентов, введе-

ния добавок и других приемов. Применение указанных приемов в сочетании с сухим способом минерализации пены позволяет получать пеногипсовые материалы со средней плотностью 300...800 кг/м³ и различным характером пористости.

Разработка метода сухой минерализации пены вызвала необходимость рассмотрения научных основ поризации гипсовых систем, включающих обоснование выбора ПАВ и технологии получения пен, требований к гипсовым вяжущим, способов получения пеномассы и формования с учетом функционального назначения изделий.

При выборе ПАВ для поризации гипсовых систем необходимо исходить из характера среды ($pH < 7$) и механизма стабилизации структуры пены через раствор. В большей мере указанным требованиям соответствуют соли вторичных алкилсульфатов $C_nH_{2n+1}CH(CH_3)OSO_3Na$, где $n = 6...16$. Этот вид ПАВ хорошо растворим в воде, устойчив к жесткой воде, имеет значение критической концентрации мицеллообразования (ККМ), равное 0,02 % по массе.

Требования к гипсовому вяжущему вытекают из его основных характеристик: модификации α или β , тонины измельчения, водопотребности, сроков схватывания. При этом рациональное применение различных видов гипсовых вяжущих определяется средней плотностью пеногипса и регулируется кратностью вспенивания раствора ПАВ. Установлено, например, что при средней плотности пеногипса 500 кг/м³ и В/Т = 0,5 кратность пены должна составлять около 4,5, а лучшие результаты по основным физико-механическим показателям получаются при применении гипсового вяжущего марки не ниже Г5-А-II.

Началом формирования структуры пеноматериалов можно считать приготовление и вспенивание раствора ПАВ. При этом жизнеспособность двухфазной системы (пены) и определяет характер структуры будущего материала. Синерезис пены связан со скоростью протекания жидкой фазы через каналы Плато и межпоровые перегородки. Скорость синерезиса пены зависит в основном от двух факторов: поверхностного натяжения жидкой фазы и критической концентрации мицеллообразования. При вспенивании раствора ПАВ идет не только формирование структуры, но и старение пены. Этот факт и может быть принят за основу при регулировании структурных характеристик пеногипсовых масс. Так, удаление жидкой фазы межпоровых перегородок приводит к появлению дырок Лапласа, время, скорость, количество, размер образования которых определяются многими физико-химическими, термодинамическими и технологическими условиями процесса вспенивания. Кратность вспенивания определяет форму и количество контактов ячейки пены.

Изучение технологических параметров вспенивания позволило сформировать и определить условия кинетической устойчивости пены. Установлено, что получение замкнутой пористости пеномассы обеспечивается при условии, когда скорость диспергации пены и скорость перемешивания при минерализации не имеют значительных отличий. Снижение скорости перемешивания пены при минерализации вызывает утончение межпоровых перегородок вплоть до образования сквозной пористости. При экспериментальной проверке установлено образование от 6 до 18 отверстий различных размеров в стенках смежных пор. Первый случай (замкнутая пористость) является характерным при получении теплоизоляционных материалов и материалов, обладающих повышенной несущей способностью. Второй (сообщающаяся пористость) — наиболее желателен при получении звукопоглощающих материалов.

Как было установлено, регулирование средней плотности пеногипса достигается изменением кратности пены. Результаты экспериментов позволили прийти к выводу, что условия минерализации пен различной кратности не одинаковы. Из-за большого содержания жидкой фазы минерализация тяжелых пен (кратностью менее 4) должна проходить при интенсивном перемешивании массы в условиях, близких к получению пены (600...900 об/мин), минерализацию же подвижных пен с кратностью 4...7 следует проводить в условиях динамической устойчивости, которая возможна при снижении интенсивности перемешивания при минерализации до 400...600 об/мин.

Особые трудности представляет минерализация пен с кратностью более 7, структура которых из-за резкого снижения содержания жидкой фазы приобретает жесткость. Интенсивное перемешивание жестких пен может вызвать разрушение системы и коалесценцию ячеек с образованием большого количества дефектов в материале. Разработка технологических способов и параметров, обеспечивающих стабильное прохождение процесса минерализации жестких пен, с целью получения эффективных теплоизоляционных материалов средней плотности менее $300...350 \text{ кг/м}^3$ является достаточно проблематичной, если не считать получение вспененных полимергипсовых материалов. Для определения условий минерализации различных пен были определены значения критерия Re , учитывающего динамическую вязкость и скорость перемешивания массы при минерализации (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные значения критерия Re при минерализации пен гипсовым вяжущим

Средняя плотность массы ρ , кг/м^3		Динамическая вязкость, η , Н/м^2	Скорость перемешивания n , об/мин	Re при диаметре смеси- теля, м	
Сухой	Влажной			0,3	0,5
300	420	35	600	648	1800
			900	972	2700
400	560	38	600	864	2210
			900	1296	3315
500	700	42	600	900	2500
			900	1350	3750
600	840	48	600	945	2625
			900	1418	3937
800	1120	65	600	930	2585
			900	1395	3877

Из данных табл. 1 следует, что процесс минерализации пены гипсовым вяжущим идет в условиях развитой турбулентности ($R > 100$). Нижним значением критерия Re можно считать 400 ($\rho_{\text{вл}} = 420 \text{ кг/м}^3$, $n = 370 \text{ об/мин}$, где $\rho_{\text{вл}}$ — средняя плотность свежееотформованного материала, а n — скорость перемешивания).

Результаты исследований структурообразования пеногипсовых масс показали, что для пеногипса наблюдается медленное нарастание пластической прочности в первые 6...8 мин. Этот период характеризуется тем, что в гипсовых системах пластичная масса уплотняется и густеет, что подтверждает начало схватывания. При этом идет образование коагуляционной и начальное формирование кристаллизационной структур. Затем имеет место период упрочнения. Этот момент соответствует концу схватывания, причем структура усиленно развивается за счет роста кристаллов.

Период формирования структуры пеногипсовых систем в значительной мере зависит от В/Г отношения. Как показали исследования, для пеногипсовых систем период формирования структуры с уменьшением В/Г сокращается до 4 мин. Введение с водой затворения небольшого количества

поливинилацетатной дисперсии (ПВАД) — 1,5...2,2 % от массы вяжущего — увеличивает индукционный период до 8...10 мин.

В результате изучения механизма регулирования структурных характеристик пеногипсовых масс, полученных методом сухой минерализации пены, установлено, что кинетическая устойчивость (или неустойчивость) пены является надежным способом регулирования пористости; основные физико-технические показатели пеногипса (средняя плотность, размер пор, прочность) определяются видами вяжущего и пенообразователя, кратностью пены, типом пеногенератора, минерализатора и режимами их работы; функциональное назначение пеногипса может быть усилено путем рационального сочетания таких технологических приемов, как введение в массу различных полимеров, дисперсное армирование, вибрация и др.

Из данных табл. 2 следует, что пеногипсовые материалы достаточно эффективно могут быть использованы в качестве стеновых, звукопоглощающих и теплоизоляционных.

Таблица 2

Основные показатели пеногипсовых материалов

Средняя плотность, кг/м ³	380	420	480
Предел прочности при изгибе, МПа	0,45	0,54	0,63
Теплопроводность, Вт/м °С	0,10	0,12	0,14
Сопrotивление продуванию, рэл/см	85	120	140
Звукопоглощение на частоте 1000 гц	0,62	0,45	0,37

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрианов Р.А., Румянцев Б.М., Критарасов Д.С. Регулирование структуры пеногипсовых материалов различного функционального назначения // Известия ВУЗов. Строительство. 1968. № 6.

2. Румянцев Б.М. Технология облегченных пеногипсовых материалов // Развитие теорий и технологий в области силикатных и гипсовых материалов : сб. материалов академических чтений. М. : МГСУ, 2000.

REFERENCES

1. Andrianov R.A., Rumyantsev B.M., Kritarasov D.S. *Izvestiya vuzov. Stroitelstvo* [Proceedings of the universities. Construction]. 1968.

2. Rumyantsev B.M. *Razvitiye teoriy i tekhnologiy v oblasti silikatnykh i gipsovykh materialov : sb. materialov akadem. chteniy* [Development of theories and technologies in the sphere of silicate and gypsum materials: academic readings source book]. Moscow : MSSU, 2000.

Поступила в редакцию в мае 2011 г.

Об авторе:

Румянцев Борис Михайлович, профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой технологии отделочных и изоляционных материалов, МГСУ, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, mgsu_toim@mail.ru.

About author:

Rumyantsev Boris Mikhailovich, Professor, Doctor of Engineering Science, Department Chairman of finishing and insulating materials technology, Moscow State University of Civil Engineering, 26 Yaroslavlskoye Freeway, 129337, Moscow, Russia, mgsu_toim@mail.ru