



Умеркин Г.Х., д.т.н., Копцов В.А., ОАО «ВНИПИэнергопром», Мишин М.Е.

В настоящей статье рассмотрены вопросы перспективного применения в качестве теплогидроизоляционного материала для теплопроводов высоконаполненных пенополимеров и в первую очередь – высоконаполненных пенополиуретанов (ППУ).

Наполнители вводятся в полимеры для достижения более высоких механических свойств, экономии дефицитного химического сырья, улучшения технологических характеристик и получения материалов со специальными свойствами.

Известно (1), что пенопласты представляют собой сложные материальные структуры, в которых велика роль пространственного строения, конфигурации и размера газового наполнителя, при этом в пенополимере выделяют шесть уровней структурных организаций:

химическую;
вторичную;
надмолекулярную;
макроструктуру;
микроячеистую структуру ребер и стенок;
надъеичеистую структуру (распределение ячеек по плотности).
Решающее влияние на пенопласты оказывает фактор макроструктуры, которая чувствительна к изменению состава композиции.

Наполнитель, введенный во вспениваемую композицию, как правило, влияет на процессы, протекающие на всех стадиях формирования полимерной пены.

Обладая определенным уровнем знаний на современном этапе понимания физико-химической концепции получения пенополимеров и учитывая взаимодействия их с минеральными наполнителями, следует выделить следующие проблемы получения наполненных пенопластов (2):

Коллоидно-химическую устойчивость наполненных композиций, определяющую влияние наполнителя на процессы образования зародышей газовых пузырьков и стабильность пены.
Кинетическую, при которой возможно ускорение или ингибирование наполнителем реакций, протекающих при образовании пенополимеров и поддержание в присутствии наполнителя оптимального баланса процессов полимеро- и газообразователей.
Реологическую, связанную с получением однородной композиции с целью сведения к минимуму градиента вязкости наполненной композиции.
Химическую, определяющую степень регулирования композиций с целью компенсации негативного влияния наполнителей.
Технологическую, определяющую выбор оптимального режима переработки с учетом коллоидно-химических, кинетических, реологических и физических особенностей наполненных систем.
Материаловедческую, устанавливающую взаимосвязь морфологии ячеистой структуры и свойств наполненных пенопластов.
Прикладную, учитывающую подбор наполнителя для разрабатываемого наполненного пенополимера.
Экономическую, обеспечивающую экономическую эффективность производства наполненных композиций.





Наполнитель в той или иной степени изменяет параметры процесса вспенивания и, следовательно, макроструктуру и свойства пенополимера. Наполнитель может при определенных условиях выступать как стабилизатор, наполнитель также может влиять на кинетику структурообразования, обеспечивая получение закрытоячеистой структуры пенополимера.

При создании наполненных пенопластов с заданными свойствами часто возникают проблемы: как правильнее поступить - «подгонять» полимерную композицию под наполнитель или же наполнитель под полимерную систему. Как показала практика, для вспенивающихся терморезистивных композиций разумнее корректировать рецептуру химкомпонентов, но в ряде случаев регулировать макроструктуру выгоднее с помощью наполнителя, меняя его характеристики.

Все физико-химические, химические и технологические проблемы успешно решаются, если к их исполнению подходить с точки зрения физикохимии дисперсных систем, как к подлинно научному системному подходу получения наполненных пенопластов, когда наполнитель рассматривается как равноправный партнер в организации получения наполненных вспениваемых композиций.

Несмотря на то, что влияние наполнителя на процесс формирования пенополимеров еще до конца не исследован, тем не менее известно, что в зависимости от размера частиц наполнителя и прежде всего физико-химических свойств его поверхности можно оказывать существенное влияние на уменьшение толщины пленок между воздушными пузырьками за счет дренажа жидкости, что в свою очередь создает условия агрегатной устойчивости пен, т.е. ее стабильность во времени (3).

Основными предпосылками пригодности минерального наполнителя для получения пенополимерминеральных (ППМ) композиций являются: химическая совместимость с полимерной системой, низкая влагоемкость, высокие термостойкость и химическая стойкость, влияние на pH среду, а также низкие показатели теплопроводности и термического расширения, диспергируемость.

В качестве наполнителей в ОАО «ВНИПИэнергопром» были исследованы различные виды песков, цемента, перлита и сланцевой муки.

Ниже в таблице 1 приведен химический состав исследуемых наполнителей с указанием процентного содержания, входящих в них элементов.

Таблица 1

Наименование наполнителя	Элементный состав наполнителей, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	N ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Андезит	60-61	15-16	6,5-7,5	5,5-6,5	2,5-3,5	7,0	8,5	-
Перлит	65-75	12-15	0,6-2,5	1,5-2,5	0,5-1,5	4,8	4-8	-
Кварцевый песок (Люберецкий)	97-98	1,7	0,1	следы	0,17	-	-	-
Песок строительный	92,74	2,03	1,2	1,08	0,3	0,47	0,02	0,89
Сланцевая мука	56,0	22,0	7,3	0,2	1,6	1,0	4,5	-
Цемент М-400	23,7	5,7	0,53	66,0	2,8	≥1,0	-	-





Установлено, что лучшая структура ППМИ достигается при использовании фракционных наполнителей, что указывает на то, что при выборе наполнителя важны как гранулометрический состав, так и удельная поверхность наполнителя.

Для получения ячеистой структуры, снижения усадки, температурных деформаций, как показали проведенные эксперименты, предпочтительнее использовать две фракции – мука:песок в соотношении 1,5:2. При отсутствии мелкодисперсной фракции ухудшается плотность структуры ППМ, при отсутствии средней фракции ухудшается удобоукладываемость пеноминеральной смеси и, следовательно, увеличивается расход химкомпонентов.

Опыты по исследованию влияния дисперсности наполнителей на прочность, твердость материала, реологические и термомеханические свойства ППМ изоляции показали, что средние размеры частиц микронаполнителя должны быть порядка нескольких единиц микрона, а максимальная – не превышать 40-50 мк. С повышением дисперсности наполнителей ППМ изоляция при прочих равных условиях увеличивает свою твердость, упругость, прочность.

Установлено, что порошкообразные наполнители, вводимые в ППМ изоляцию в стадии ее полимеризации, увеличивают степень полимеризации.

Так, введение, например окисей кремния и окиси алюминия изменяют скорость и глубину отверждения и влияют на свойства получаемых изделий.

Следует добавить, что ускорение процесса полимеризации в присутствии наполнителей объясняется тем, что активные центры на их поверхности играют роль зародышей образования новой полимерной фазы.

Применение различных наполнителей и разработанная в ОАО «ВНИПИЭнергопром» технология получения ППМ изоляции позволили получить конструкционно-теплоизоляционную композицию с широким диапазоном физико-механических и влаготеплофизических свойств, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатель	ППМ изоляция на основе		
	андезитовой муки	строительного песка	керамзитовой муки и керамзитового гравия
Плотность, кг/м ³	350-450	220-350	400-600
Предел прочности при сжатии, МПа	5,0-8,0	2,0-6,0	4,0-6,0
Водопоглощение за 24 часа, % по массе	1,8	1,0-2,0	4,0-6,0
Термостойкость, °С	150-160	150-160	150-160
Теплопроводность, Вт/м°С	0,05-0,08	0,042-0,05	0,07-0,11

В заключение следует отметить, что для получения ППМ изоляции, в зависимости от требований, предъявляемых к ней, возможно использование различных минеральных наполнителей. Так в частности, для производства теплопроводов в ППМ изоляции в НПП «Пенополимер» используется строительный песок, при этом готовые изделия отвечают требованиям таблицы 2.

