

Городская среда

КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ ПОЛИМЕРКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ И ПОЛИЭФИРНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

А. В. Ястребинская, В. И. Павленко, Р. Н. Ястребинский
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, г. Белгород (Россия)

В настоящее время в строительстве пользуются спросом композиционные материалы на основе полимеров, в том числе полимербетоны. Строительная индустрия – одна из самых эффективных областей применения полимеров и олигомеров для создания высокопрочных, химически и биологически стойких конструкционных материалов. В зависимости от вида полимерного связующего и наполнителя полимербетоны могут обладать высокой плотностью, большой прочностью, химической и биологической стойкостью в агрессивных средах, хорошей адгезией к большинству строительных материалов. Использование полимербетонов обеспечивает возможность создания принципиально новых конструкций и изделий с заранее заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

На сегодняшний день в области создания многокомпонентных полимерсодержащих систем эмпирический поиск и разработка новых эффективных материалов опережает развитие теории. Но теория и научно обоснованный подход к разработке составов полимербетонов, а также выяснение закономерностей изменения основных свойств и связь их с морфологией и структурой систем, дают возможность эффективно разрабатывать и создавать композиционные материалы с заранее заданными свойствами, прогнозировать эксплуатационные характеристики и сроки их устойчивой работоспособности.

Полимербетоны пока еще сравнительно дороги и дефицитны благодаря высокой стоимости основного компонента – полимерного связующего. Применение их в строительстве экономически рационально в виде высоконаполненных композиций. Степень наполнения минеральными наполнителями и заполнителями в полимербетонах может изменяться в широких пределах и достигать до 90 % всей массы материала [1].

Несмотря на большое разнообразие и широкую номенклатуру полимерных материалов в зарубежных странах и в России для

изготовления полимербетонов применяют только около 10 типов полимерных связующих, которые, в комбинациях с добавками и модификаторами позволяют получать до 30 видов полимербетонов. Однако предпочтение отдается полимербетонам на основе реактопластов, и в частности, на полиэфирных и эпоксидных смолах. Полимербетоны, предназначенные для несущих строительных конструкций целесообразно изготавливать на основе реактопластов еще и потому, что они наиболее удачно сочетают в себе свойства, обеспечивающие необходимые эксплуатационные характеристики: минимальную ползучесть, высокие химическую и биологическую стойкость в агрессивных средах, термическую стабильность.

Существуют различные способы получения полимербетонов. Наиболее простой и доступный – механическое смешение заданных компонентов при оптимальных условиях с последующей полимеризацией. Выбор компонентов и метода смешения диктуются свойствами, которыми должен обладать конечный материал, свойствами самих компонентов, возможностями оборудования и другими факторами. Получаемая смесь в этом случае представляет собой дисперсию минеральных наполнителей и модифицирующих добавок в полимерной матрице. Важную роль при проектировании полимербетонов такого типа играют расчеты оптимального состава наполнителей и заполнителей, отвечающие определенной полимерной емкости системы и наиболее плотной упаковке частиц различного гранулометрического состава. Такие расчеты для ряда полимербетонов были выполнены и приводятся в литературе [1, 2].

Но далеко не только составом определяются свойства конечного отвержденного композиционного материала. Большую роль в формировании заданных свойств играет внутренняя структура получаемого материала, отвечающая широкому спектру характеристик при одном и том же материальном составе. Широкие возможности регулирования свойств при решении задач создания полимербетонов с заданными характеристиками сохраняются в регулировании поведения термореактивной смолы в процессе ее полимеризации. Управляя скоростью и глубиной процесса отверждения можно формировать определенную заданную структуру, отвечающую тем или иным свойствам. Исследуя поведение термореактивной смолы при отверждении и кинетику процесса полимеризации с помощью достаточно простого гель-теста, можно получать кинетические кривые, по которым легко определить индукционный период и время, необходимое для достижения пика экзотермы, а также максимальную температуру процесса.

Работа проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. В проводимых нами исследованиях гель-тест заключался в следующем: в специальную термостатированную пробирку загружали исследуемый образец термореактивной смолы с соответствующими добавками (отвердитель, инициатор, ускоритель, модификатор и т. д.). В пробирку помещали чувствительную термопару, соединенную с

микроампервольтметром и самописцем, регистрирующим температурную кривую процесса отверждения во времени. Такой тест позволяет проводить сравнение различных видов и количеств инициаторов, ускорителей, отвердителей, добавок, наполнителей, влияющих на скорость и температуру отверждения смолы, а значит и на структуру формируемой полимерной матрицы. В некоторых случаях бывает необходимо или желательно проводить процесс отверждения термореактивной смолы от начала до конца при низких температурах, так, чтобы выделяющееся при полимеризации тепло рассеивалось.

С помощью указанного гель-теста и в процессе дальнейших исследований нами получены различные кинетические кривые отверждения полимербетонных смесей, которые позволили сделать некоторые обобщения между химической и физической структурой и конечными свойствами отвержденных термореактивных смол и проследить некоторые закономерности: этих процессов: 1. Чем больше в количественном отношении ароматических колец, входящих в состав отвержденной смолы, тем выше ее термостабильность и химическая стойкость. 2. В случае эпоксидных олигомеров, более жесткие и прочные материалы образуются при использовании отвердителей ароматического ряда, чем в случае алифатических реагентов. 3. При замене ароматических звеньев или фрагментов молекул алифатическими или циклоалифатическими, без изменения числа «сшивок» в системе, эластичность и удлинение отвержденной смолы возрастают. 4. Повышенная жесткость (вязкость) системы снижает молекулярную подвижность и затрудняет взаимодействие между реакционными группами, в таких случаях отверждение целесообразно проводить при повышенных температурах или с использованием суперпластификаторов. 5. Снижение плотности межмолекулярных «сшивок» может привести к увеличению прочности материала, благодаря увеличению разрывного удлинения, а также может привести к уменьшению усадки смолы в процессе отверждения. 6. Увеличение плотности «сшивок» приводит к повышению химической стойкости, увеличению температуры начала деструкции, повышению температуры стеклования. Однако слишком высокая степень «сшивок» снижает деформацию разрушения, повышает хрупкость, влияет на трещиностойкость системы.

Учитывая вышеизложенные принципы, нами были разработаны и получены полимербетонные составы с высокими защитными и конструктивными свойствами на основе эпоксидных и полиэфирных олигомеров, предназначенные для ремонтных работ на магистральных трубопроводах и для изготовления строительных изделий малых архитектурных форм.

Примерами эффективного использования реактопластов в качестве композиций являются материалы на основе эпоксидной смолы и отвердителя «холодного» типа для бестраншейного ремонта магистрального водопровода в г. Москве. Экономическая выгода при реализации этого метода

очевидна. Основной технической задачей при решении указанной проблемы является обеспечение достаточного по времени индукционного периода полимеризации на этапе приготовления полимербетонной смеси и при ее закачки в трубопровод и быстрого набора прочности (т. е. активной полимеризации) после нанесения состава на ремонтируемую поверхность. Успехи современной химии полимеризационных систем позволяют решать проблему – прочное адгезионное взаимодействие полимербетонов с влажной поверхностью металла, содержащей продукты коррозии.

Другим эффективным использованием реактивных олигомеров в строительной технике является изготовление из слоистых намоточных стеклопластиков труб и цилиндрических изделий большого диаметра для хранения и транспортировки химически агрессивных жидкостей и газов, газопроводов газоотводящих стволов ТЭЦ и т. д. Для этих целей нами разработано химически и биологически стойкое связующее с повышенной термической стойкостью и стойкостью к термоокислению, свойства которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства эпоксидного связующего и полимербетона «Эпоклар»

<i>Состав</i>	<i>Изгибающее напряжение при разрушении, МПа</i>	<i>Удельная ударная вязкость, кДж/м²</i>	<i>Разрушающее напряжение при сжатии, МПа</i>	<i>Плотность, г/см³</i>
Полимербетон «Эпоклар»	45	1,7	120, 0	1,66
Комплексное эпоксидное связующее для конструкционного стеклопластика				
без легирующих добавок	63	2,8	169,7	1,13
с легирующей добавкой ПМС-5000 (1 % масс.)	110,2	10,56	163,6	1,16

Применение стеклонеполненных композитов в качестве коррозионно-стойких конструкционных материалов технически и экономически оправдано еще и потому, что они обладают высокой химической стойкостью в широком диапазоне температур (от -40 °С до +150 °С) и давлении (от глубокого вакуума до 300 кгс/см²). Опыт применения в гражданской промышленности изделий из стеклопластика показал и ряд дополнительных преимуществ их перед металлами и другими конструкционными материалами.

1. Повышенная пропускная способность трубопроводов и газопроводов из стеклопластика в сравнении со стальными и другими аналогами.
2. Высокие теплоизоляционные свойства.
3. Низкие затраты на монтаж изделий.
4. Простота изготовления и ремонта.
5. Отсутствие затрат на окраску.
6. Долговечность изделий.
7. Сочетание высокой прочности с небольшой массой.

8. Возможность получать полупрозрачные изделия позволяет наблюдать уровень жидкостей.

9. Возможность регулирования свойств и получение изделий с конкретными требованиями, как например, высокая плотность, низкая или высокая тепло-электропроводность и т. д.

Что же касается стоимости этих изделий, то за рубежом их стоимость приближается к аналогам, изготавливаемым из нелегированных сталей. Первостепенное значение при изготовлении изделий имеет все же правильный выбор связующего, которое, в основном, и определяет химическое сопротивление агрессивной среды.

Литература

1. Михайлов, К. В. Полимербетоны и конструкции на их основе / К. В. Михайлов, В. В. Патуроев, Р. Крайс ; под ред. В. В. Патуроева. – М. : Стройиздат, 1989. – 304 с.

2. Соломатов, В. И. Полимерные композиционные материалы в строительстве / В. И. Соломатов, А. Н. Бобрышев, К. Г. Химмлер ; под ред. В. И. Соломатова. – М. : Стройиздат, 1988. – 312 с.