

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО БИОВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ**

Во всем мире нарастает значительный интерес к производству ценных продуктов малотоннажной химии с использованием в качестве сырьевой базы самого распространенного, доступного и возобновляемого растительного сырья вместо традиционно применяющегося нефтехимического.

Несмотря на кажущееся изобилие нефтяных ресурсов, рассматривается множество гипотез, предполагающих их последовательное истощение в течение жизни двух–четырех поколений. В этой связи становится оправданным пристальное внимание к альтернативной стратегии, основанной на использовании возобновляемой биомассы в качестве основного источника сырья. Достигнуты определенные успехи в использовании растительной биомассы как топлива двигателей внутреннего сгорания. Что пока только предстоит сделать – разработать на основе этой платформы новые подходы к новым полимерным материалам.

Новые материалы на основе фурана не зависят от колебаний цен на нефть, позволяют серийным потребителям осуществлять долгосрочное финансовое планирование. С помощью дешевого процесса кислотно-катализируемой дегидратации богатых пентозными сахарами отходов сельскохозяйственного или деревоперерабатывающего производства производят фурфурол(2-фуранкарбальдегид), в дальнейшем восстанавливаемый в фурфуриловый спирт. Стоимость этих двух базовых соединений составляет сегодня 30–60 руб./кг, их используют в качестве исходных для синтеза более сложных. Соединения фурфурола и фурфурилового спирта содержат хорошо изученный пятичленный ненасыщенный гетероаромати-

ческий фурановый цикл. Химическое поведение этих соединений определяется как боковой алкильной цепью, так и самим пятичленным кольцом, которое проявляет как «ароматические», так и «диеновые» свойства.

Фурановые смолы первого поколения применяли как вспомогательные вещества для литья чугуна. Эти вещества являются реактопластами и под действием кислот вступают в реакцию полимеризации, сопровождающуюся раскрытием фурановых циклов с образованием трехмерных сетчатых структур. Фурановые фрагменты в полимерной цепи придают множество полезных свойств: прочность, температуростойкость и высокую устойчивость к сильным кислотам и щелочам. Это происходит благодаря тому, что даже в отвержденной смоле сохраняется остаточное содержание не вступивших в реакции полимеризации фурановых циклов. Эти циклы обладают слабой реакционной способностью к дальнейшей полимеризации, и под действием факторов деструкции вступают в химические реакции друг с другом, формируя еще более сильно сшитую структуру.

Фурановые смолы не поддерживают горение, поскольку под действием высоких температур и открытого пламени легко разлагаются до чистого углерода и водяного пара. Таким образом, для получения огнестойких композиций не требуется вводить в их состав токсичные хлор- и броморганические вещества.

Современные разработки позволяют получать на основе фурфурола и фурфурилового спирта связующие для полимерных композиционных материалов, успешно конкурирующие с таковыми на основе традиционных эпоксидных и ненасыщенных полиэфирных смол.

С помощью простых и энергоэффективных процессов фурфуриловый спирт и фурфурол переводятся в моно- или олигомерные «строительные блоки» для модификации ненасыщенных полиэфирных и эпоксидных

смола, создания альтернативных материалов сходного строения. На их основе может быть создано множество различных связующих как холодного, так и горячего отверждения.

Так, например, производное фурана используют в качестве активного разбавителя для ненасыщенных полиэфирных смол. Традиционно применяющийся для этой цели стирол весьма ядовит. Заменяв его на ненасыщенное производное фурана, мы избавляемся от этих проблем. Преимущества нового материала – его экологичность и низкая стоимость.

На основе фурановых смол нового поколения создают формовочные компаунды, похожие на SMC или BMC. Как известно, такие технологии применяют для серийного и автоматического производства композитных изделий. Гибридное фурановое терморективно-термопластичное связующее обеспечивает короткое время отверждения, сравнимое с ненасыщенными полиэфирными смолами. Специфические методы химического регулирования вязкости, доступные для фурановых смол, увеличивают технологичность материала и его срок хранения.

Новые материалы на основе фурановых смол найдут применение не только в таких высокотехнологичных областях как полимерные композиционные материалы, но и в более «приземленных», например, в деревопереработке.

В настоящее время для производства древесно-стружечных плит (ДСП) наиболее широко применяют карбамидоформальдегидные и феноло-формальдегидные смолы, удобные и технологичные, но не удовлетворяющие в полной мере экологическим требованиям как при производстве, так и при эксплуатации изделий: эти смолы содержат ядовитый формальдегид. ДСП на основе фурановых смол – прочные и негорючие, не выделяют ядовитых летучих веществ.

Таким образом, мы видим, что новые материалы на основе фурановых смол не просто позволяют заменить традиционно применяющиеся эпоксидные, ненасыщенные полиэфирные или феноло-формальдегидные смолы с использованием принципиально другой сырьевой базы. Речь идет уже не том, чтобы приблизиться по характеристикам к традиционным решениям, а о том, чтобы их превзойти, используя «зеленое» сырье. Подобные технологии по праву считаются прорывными.

*И.В. Бессонов, В.А. Нелюб, И.А. Буянов, И.В. Чуднов, А.С. Бородулин  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)*