

ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий, В. М. Алюминиевые сплавы: Состав, свойства, технология, применение. Справочник / В. М. Белецкий, Г. А. Кривов. – Киев: КОМИНТЕХ, 2005. – 365 с.
2. Taherkhani, K. Composite coatings created by new method of active screen plasma nitriding on aluminium alloy 6061 / K. Taherkhani, M. Soltanieh // J. Alloys Compd. – 2018. – Vol. 741. – P. 1247–1257.
3. An Auger and XPS survey of cerium active corrosion protection for AA2024-T3 aluminum alloy / A. Uhart [et al.] // Appl. Surf. Sci. – 2016. – Vol. 390. – P. 751–759.
4. Поплавский, В. В. Исследование процессов фазообразования при ионно-плазменном азотировании сплавов титана / В. В. Поплавский, И. Л. Поболь, А. Н. Дробов // Взаимодействие излучений с твердым телом : материалы 15-й Международной конференции, Минск, 26-29 сентября 2023 г. - Минск : БГУ, 2023. - С. 102-104.
5. Poplavskii, V.V. Composition and electrocatalytic properties of the coatings formed by the ion-beam-assisted deposition of platinum from a pulsed arc-discharge plasma onto aluminum / V. V. Poplavskii, T. S. Mishchenko, V. G. Matys // Technical Physics. – 2010. – Vol. 55, № 2. – P. 296-302.

УДК 665.947.8; 668.8

ПРОИЗВОДНЫЕ СМОЛЯНЫХ КИСЛОТ И ТЕРПЕНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

И.А. ЛАТЫШЕВИЧ^{1,2}, А.Л. НАРКЕВИЧ², В.А. ОСТАНИН²

¹ Государственное научное учреждение

«Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,

²Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь

Полимерные композитные материалы (ПКМ), получаемые путем совмещения матрицы на основе термореактивных и термопластичных полимеров с наполнителями, включая армирующие, образуют весьма широкий спектр материалов ввиду многообразия рецептур полимерных основ для матрицы, а также природы, формы, размеров и ориентации наполнителей. Выбор ПКМ или разработка его состава обусловлены, как

правило, эксплуатационными требованиями к изделию или их группе (температура эксплуатации, жесткость, прочность, масса, теплопроводность, электроизоляционные свойства, радиопрозрачность и др.), а также технологическим параметрам процесса его производства (удельное давление при формообразовании, температура, время выдержки и др.).

Наиболее полно механические характеристики композитов в изделии реализуются, когда армирующий наполнитель имеет упорядоченное расположение с заданной ориентацией частиц в матрице. Для ПКМ в таких случаях применяют стеклянные, углеродные и др. волокна в виде нитей, жгутов (ровингов) или полученных из них лент, тканей и т.п.

При совмещении наполнителя и матрицы необходимо, чтобы последняя заполняла как можно большее пространство между частицами наполнителя как на макроуровне – между пучками и нитями, так и на микроуровне – между волокнами, из которых они состоят. В этой связи большое значение имеет вязкость матричной композиции в момент совмещения компонентов. Ввиду малых размеров волокон, а соответственно расстояний между ними, наиболее эффективно в части производительности и энергозатрат их совмещение с термореактивными матричными композициями (или их растворами) на основе эпоксидных, фенолформальдегидных, полиэфирных и др. смол.

Применяемые в настоящее время технологии для производства изделий из ПКМ предполагают совмещение компонентов как непосредственно в процессе производства изделия (или его составной части), так и применяя предварительно пропитанный матричной композицией, в том числе ее раствором, армирующий наполнитель, получая сырьевой материал, именуемый препрегом. При этом срок хранения препрега может составлять от нескольких часов до нескольких месяцев в зависимости от применяемых компонентов и условий хранения.

Маркетинговые исследования [1] показали, что мировой рынок ПКМ в последние годы динамично развивается. По оценкам международных экспертов в 2019 г. он составил более 99 млрд. долл. в стоимостном выражении и 12,0 млн. т. в натуральном выражении. Они считают, что к 2027 г. рынок композитов расширится на 6,8% в год и по стоимости возрастет до 112 млрд. долл.

Одним из факторов, который в настоящее время негативно сказывается на росте применения ПКМ – импортозависимость. Если белорусские и российские производители вполне способны обеспечить потребности рынка в армирующих материалах на основе стеклянных, углеродных и синтетических волокон, то ситуация с матричными композициями сложнее, так как основное исходное сырье – смолы, катализаторы полимеризации, модифицирующие добавки и т.п. импортируются.

Для основы матричной композиции – термореактивных синтетических смол (фенольные, эпоксидные, полиэфирные и др.) – необходимы катализаторы полимеризации, позволяющие получить трехмерную структуру (сшивку) матрицы в готовом изделии. Наиболее универсальными катализаторами являются аминопроизводные, позволяющие проводить процесс как «холодной», так и «горячей» полимеризации с образованием сшитых продуктов с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. К основным недостаткам традиционно применяемых аминов можно отнести: плохую отверждающую способность при низких температурах; плохую работу в условиях повышенной влажности; быстрое лавинообразное протекание реакции полимеризации, в связи, с чем крайне затруднительное отверждение слоя смолы более нескольких миллиметров.

Государственному научному учреждению «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» поставлена задача разработать препрег на основе однонаправленных и хаотически ориентированных стеклянных волокон и матричной композиции, которая в основном устраняла бы вышеперечисленные недостатки. Он должен иметь хорошую адгезию не только к армирующим волокнам, но и к древесине и термопластам, а также, чтобы сырьевая база для компонентов композиции производилась на территории Республики Беларусь.

В качестве основного компонента матричной композиции выбран эпоксидный олигомер, наличие гидроксильных групп в котором позволяет создавать связующие, характеризующиеся высокими адгезионными свойствами по отношению к разнообразным материалам. А перспективными катализаторами полимеризации эпоксидных смол ангидридного типа могут успешно выступать производные смоляных кислот и терпеновых углеводов, которые также являются продуктом переработки лесохимических предприятий.

Создание ПКМ с использованием лесохимического сырья, является актуальной задачей современной науки. Несмотря на большой объем научных исследований, и публикаций по разработке ПКМ, эта проблема до сих пор остается до конца не решенной. Однако данные об использовании лесохимического сырья в качестве компонента полимерного связующего для ПКМ в мировой практике отсутствуют.

Доступность исходного терпентина, отсутствие сложных операций в процессе получения, высокие реакционные свойства делают их ценным химическим сырьем [2], а варьирование компонентного состава лесохимического сырья позволит получить ПКМ с заданными физико-механическими свойствами [3].

Поэтому наличие в Республике Беларусь достаточной сырьевой базы (отечественного возобновляемого терпеноидного сырья) делает исследования по созданию новых терпеноидных продуктов и высокоэффективных материалов на их основе актуальными.

Ввиду особенностей компонентной базы матричной композиции в исходном состоянии и для распределения компонентов в объеме в состав композиции, естественно, включен растворитель, разрешенный к использованию на предприятиях Республики Беларусь.

Условия отверждения матричной композиции – время и температура – исследовались с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии, а полнота полимеризации эпоксидного олигомера вторичными терпеноидными продуктами, с точки зрения химических процессов – методом ИК-спектроскопии путем оценки наличия (отсутствия) полос поглощения, характерных для эпоксидных и ангидридных групп [4].

Изменением содержания ускорителя полимеризации в матричной композиции возможно регулировать температуру протекания этого процесса. Разработаны соответствующие рецептуры, позволяющие полимеризоваться композиции при температурах от 120 до 200°C [5]. Это приобретает особое значение, если препрег на основе такой матрицы участвует в процессе формообразования изделий, состоящих из различных материалов для отдельных функциональных слоев, которые в свою очередь «требовательны» к температурным режимам.

С использованием разработанной матричной композиции получены препреги на основе стеклянных тканей различного переплетения, однонаправленных лент и матов.

Жизнеспособность препрега оценивали как по стандартизованным методикам, так и по эксплуатационным характеристикам конечного изделия, в составе которого применен препрег, в частности – для длинномерного стержня, усиленного слоями однонаправленно армированного ПКМ, контактирующего с основой из древесины и функциональными слоями на основе термопластов. Хранение осуществлялось в морозильной камере при минус 18°C до трех месяцев – условия определены потребителем препрега для соответствия импортозамещаемому сырью. По результатам контроля технологических параметров экспериментальным способом установлен и подтвержден факт жизнеспособности разработанного препрега при соблюдении условий их хранения [6].

В случаях, когда препрег применяется в составе изделия, содержащего материалы растительного происхождения, например, древесина, склонных к развитию плесневых грибов, доказано, что использование разработанных препрегов на основе химически модифицированного терпеноидного сырья позволит полностью подавить рост плесневых грибов, что, следовательно, исключит биодеструкцию указанной части изделия и сохранит эксплуатационные свойства конечного продукта [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дориомедов, М.С. Российский и мировой рынок полимерных композитов (обзор) // Труды ВИАМ. – 2020. – № 6–7 (89). – С. 29–37;
2. Латышевич И. А., Ключев А.Ю., Козлов Н.Г., Прокопчук Н.Р., Огородникова М.М. Получение, исследование состава и применение терпеноидномалеиновых аддуктов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – Вып. 221. – С. 294–308.
3. Ключев А.Ю., Латышевич И.А., Прокопчук Н.Р., Гапанькова Е.И., Козлов Н.Г. Новые направления переработки и использования сосновой живицы // Полимерные материалы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 68–77.
4. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Козлов Н.Г. Определение полноты полимеризации эпоксидных олигомеров // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 238. – С. 203–214.
5. Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Козлов Н.Г., Бильдюкевич А.В., Николаева К.В., Даниловой-Третьяк С.М. Определение оптимального содержания ускорителя полимеризации в эпоксидных связующих для полимерных композиционных материалов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 240. – С. 211–222.
6. Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Козлов Н.Г., Бильдюкевич А.В. Оценка влияния длительности хранения на свойства препрегов и механические свойства лыж // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2023. – Вып. 242. – С. 189–203.
7. Латышевич И.А., Козлов Н.Г., Глевицкая Т.А., Гапанькова Е.И. Биоцидные свойства препрегов на основе терпеноидного сырья // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2024. – Вып. 71 (97). – С. 64–67.

УДК 66.021.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БПЛА

Д.Ю. МЫТЬКО, В.С. ФРАНЦКЕВИЧ, Р.И. ЛАНКИН
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Современное производство беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – это симбиоз высоких технологий, точного машиностроения и химических процессов. Ключевым аспектом, определяющим летные