

Рис. 1. Температурные зависимости удельной электропроводности (а), коэффициента термо-ЭДС (б) и фактора мощности (в) керамики состава $\text{Ca}_{2.4}\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ (1), $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ (2) $\text{Ca}_3\text{Co}_{3.4}\text{O}_{9+\delta}$ (3)

Работа выполнена при поддержке ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» (подпрограмма «Материаловедение и технологии материалов», задание 1.55).

1. Katsuyama S., Takiguchi Y., Ito M. Synthesis of $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ ceramics by polymerized complex and hydrothermal hot-pressing processes and the investigation of its thermoelectric properties // *J. Mater. Sci.* – 2008 (43), 3553–3559.
2. Zhang Y., Zhang J. Rapid Reactive Synthesis and Sintering of Textured $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ Ceramics by Spark Plasma Sintering // *J. Mater. Process. Technol.* – 2008 (208), 70–74.
3. Kang M.-G., Cho K.-H., Kim J.-S., Nahm S., Yoon S.-J., Kang C.-Y. Post-calcination, a novel method to synthesize cobalt oxide-based thermoelectric materials // *Acta Mater.* – 2014 (73), 251–258.
4. Woermann E., Muan A. Phase Equilibria in the system CaO –cobalt oxide in air // *J. Inorg. Nucl. Chem.* – 1970 (32), 1455–1459.
5. Klyndyuk A.I., Matsukevich I. V., Janek M., Chizhova E.A., Lenčes Z., Hanzel O., Veteška P. Thermoelectric Properties of a Phase-Heterogeneous Ceramic Based on $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$, Prepared by Hot Pressing // *Rus. J. Appl. Chem.* – 2020(93), 1126–1132.
6. Klyndyuk A.I., Matsukevich I.B., Janek M., Chizhova E.A., Lenčes Z., Hanzel O., Veteška P. Effect of Copper Additions on the Thermoelectric Properties of a Layered Calcium Cobaltite Prepared by Hot Pressing // *Inorganic Materials.* – 2020 (56), no. 11, 1198–1205.

КЛЕЕВОЙ ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ТЕРПЕНОИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

И.А. Латышевич¹, Е.И. Гапанькова¹, А.В. Полховский²

¹Институт физико-органической химии НАН Беларуси, Минск, Беларусь;
irinalatyshevitch@gmail.com

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

Введение. В мире существует большое количество фирм-производителей лыж и требования к качеству и эксплуатационным параметрам продукции у них различные. В Республике Беларусь единственным производителем лыж является филиал «Телеханы» Республиканского производственно-торгового унитарного предприятия «Беларусьторг» Управления делами Президента Республики Беларусь. Лыжная индустрия развивается быстрыми темпами и на смену деревянным лыжам пришли пластиковые. Анализ зарубежного рынка лыж показал, что наибольшее распространение получили лыжи, выполненные из композиционных материалов. Одним из составляющих компонентов данных материалов является полимерный композиционный материал (препрег). Препрегом называют термореактивную формовочную композицию, состоящую из армирующего волокна и связующего, которая требует дальнейшего отверждения.

Материалы и методы. В качестве армирующего материала для получения препрега была использована однонаправленная лента на основе стекловолокна (поверхностная плотность не более 380 г/м^2). Для определения перспективной эпоксидной композиции для наработки лабораторных образцов препрега был наработан ряд связующих с различными модифицирующими добавками и их количественным содержанием, которые в дальнейшем были использованы при проведении лабораторных испытаний при определении прочности на срез [2] и прочности клеевого соединения на неравномерный отрыв облицовочных материалов [3].

Основная часть. Целью выполнения данной работы была разработка рецептуры состава и лабораторной технологии связующего на основе терпеноидного сырья для изготовления препрега для пластиковых беговых лыж. Как правило, ее компонентами являются олигомер, отвердитель и растворитель. Следует отметить, что подробный способ получения терпеноидного отвердителя был описан ранее [1]. В качестве олигомера выступала эпоксидная смола (молекулярная масса 350—750). Также в рецептуре перспективной эпоксидной композиции присутствовали многоцелевые модифицирующие добавки. Анализ результатов на срез по клеевому шву позволил определить перечень перспективных пропиточных композиций, показавших в лабораторных условиях на малых образцах адгезию, сопоставимую с одноименным показателем для импортного препрега. Это подтверждается и результатами испытаний на неравномерный отрыв.

Перспективные композиции использовались для дальнейших исследований и изготовления опытной партии экспериментальных пластиковых лыж с последующими испытаниями последних на основные эксплуатационные показатели. На производственных площадях филиала «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг», с применением разработанного препрега, были изготовлены экспериментальные образцы пластиковых лыж длиной 1800 мм. Эксплуатационные свойства образцов были изучены в соответствии с [4] и разработанной на его основе методики (Лыжа спортивно-беговая. Методики оценки основных эксплуатационных показателей. 01.12.00.000 ПМ1, утверждена 22.07.19 г.). В соответствии с этими методиками были определены следующие показатели: масса лыжи, положения центра тяжести, нагрузка распрямления (индекс жесткости, FA), жесткость средней части лыжи, разрушающая нагрузка средней части лыжи, высота остаточного прогиба, длина остаточного прогиба, постоянная жесткости передней (задней) части лыжи.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования позволили разработать рецептуру перспективной эпоксидной композиции для изготовления препрега, представленную в табл. 1.

Препрег на основе перспективной композиции позволил получить пластиковые беговые лыжи по своим эксплуатационным свойствам, не уступающим мировым аналогам. Благодаря своим разнообразным пленкообразующим и физико-химическим свойствам вторичные терпеноидные продукты могут с успехом использоваться в качестве отвердителей при разработке новых эпоксидных связующих для изготовления препрегов.

Таблица 1. Рецептура эпоксидной композиции для изготовления препрега

Наименование расходуемых материалов, сырья	Содержание, мас. %
Эпоксидная смола	43,9
Отвердитель	29,3
Растворитель	16,9
Модифицирующая добавка	9,1
Ускоритель отверждения	0,7

На отвердитель и эпоксидную композицию для изготовления препрега разработана техническая документация: лабораторно-технологический регламент на производство отвердителя; акт наработки лабораторного образца отвердителя эпоксидной композиции для изготовления препрега; лабораторно-технологический регламент на производство эпоксидной композиции для изготовления препрега; акт изготовления лабораторного образца препрега.

1. 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

2. DIN EN 205 Adhesives — Wood adhesives for non-structural applications — Determination of tensile shear strength of lap joints. 12.01.2016
3. ГОСТ 15867-79. Метод определения прочности клеевого соединения на неравномерный отрыв облицовочных материалов. 01.07.1980
4. ГОСТ 30045-93. Лыжи спортивно-беговые. Методы испытаний. 01.01.1995

ЦИФРОВОЙ ЗОНД КЕЛЬВИНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРОВ

В.А. Микитевич, К.В. Пантелеев

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь, nil_pt@bntu.by

В работе приводятся результаты разработки измерителей контактной разности потенциалов (КРП) для сканирующих систем, таких как сканирующий зонд Кельвина (СКР). Разработанные измерители реализуют метод, который, в отличие от существующих аналогов, не требует полной компенсации измеряемой величины, что позволяет значительно (до сотен вольт и более) расширить диапазон измеряемых потенциалов.

Зонд Кельвина получил свое название в честь лорда Кельвина (Уильяма Томсона), который впервые представил его в 1898 году. В своих экспериментах по изучению эффекта контактной электризации [1] Кельвин использовал параллельный конденсатор из цинковых и медных пластин, между которыми возникала разность потенциалов, и регистрирующий квадрант электрометр. В 1932 году Уильям Зисман представил новый метод измерения разности потенциалов [2]. Он установил вибрирующий электрод сравнения над поверхностью металлического образца. Выходное напряжение периодически изменялось по мере колебания электрода сравнения и зависело от разницы между КРП и внешним напряжением смещения. Напряжение смещение могло быть подобрано так, чтобы разность потенциалов была полностью скомпенсирована. Так появился метод вибрирующего конденсатора. В общем случае, дальнейшие этапы развития связаны с развитием электроники [3—6]. В современных измерительных системах напряжение смещения генерируется автоматически с помощью специальных систем слежения. Такие системы включают фазочувствительные или амплитудные детекторы и интеграторы. Принцип работы измерителей КРП с фазовой автокомпенсацией поясняется рис. 1 [5].

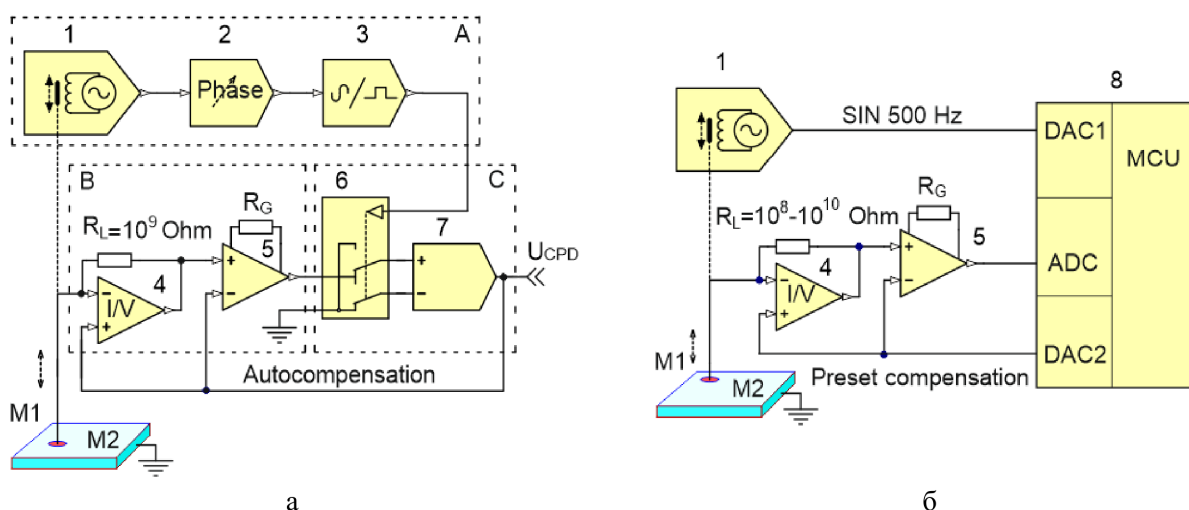


Рис. 1. Базовые структурные схемы измерителя КРП с фазовой автокомпенсацией (а) и цифрового зонда Кельвина (б): M1, M2 — поверхности электрода сравнения и измеряемого образца, соответственно; А — модулятора (1 — вибратор, 2 — фазосдвигатель, 3 — формирователь сигнала); В — предусилитель (4 — преобразователь ток-напряжение; 5 — инструментальный усилитель); С — фазовый детектор-интегратор (6 — электронный ключ, 7 — интегратор); 8 — микроконтроллер.