

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Е.Т. Амитов, магистрант гр. 4ТМ31,  
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,  
тел. (3822)41-91-57*

E-mail: ernar\_amitov.91@mail.ru

Создание новых теплопроводящих полимерных материалов (ТПМ) является актуальной задачей материаловедения. Такие материалы находят широкое применение в полупроводниковых приборах, компьютерной технике и электротехнике для отвода тепла, образующегося при работе данных приборов и устройств [1, 2]. Исторически эта проблема решалась за счет применения материалов с высоким коэффициентом теплопроводности (в основном металлов, их сплавов, оксидов и нитридов). Замена металлов при изготовлении таких узлов и деталей на полимерные композиции позволяет значительно снизить вес и стоимость изделий. В последние годы альтернативой применения металлов и их сплавов в качестве теплоотводящих элементов стали ТПМ. Однако основным препятствием при этом является низкая теплопроводность высокомолекулярных материалов. Повышение коэффициента теплопроводности ( $\lambda$ ) и температуропроводности ( $\alpha$ ) полимерных материалов возможно за счет модификации свойств базовых полимеров путем введения микро-, субмикро- или наноразмерных наполнителей с высокой теплопроводностью. В качестве таких наполнителей в настоящее время используются порошки металлов (Ag, Al, Cu, Fe и др.), нитриды и оксиды металлов.

В качестве матрицы для изготовления ТПМ в работе были использованы полимерные материалы: линейный полиэтилен низкой плотности (ЛПЭНП) и статистический сополимер пропилена с этиленом (СПП). В качестве наполнителя в ТПМ применялся порошок графита марки ГЭ-3.

Подготовка полимерных смесей производилась с помощью лабораторного смесителя фирмы Brabender (рис. 1). Смеситель предварительно нагревался до 170°C и в рабочую камеру помещается полимер. После образования расплава полимера под действием температуры и за счет возникающих сдвиговых деформаций в него постепенно доавлялся наполнитель до необходимой концентрации. Содержание наполнителя С в ТПМ изменялось от 5 до 30 об.%.



Рис. 1. Общий вид смесителя фирмы Brabender.

Образцы ТПМ для испытаний изготавливались методом горячего прессования из расплава. В пресс-формы помещалась расчетная навеска материала. Пресс-формы с

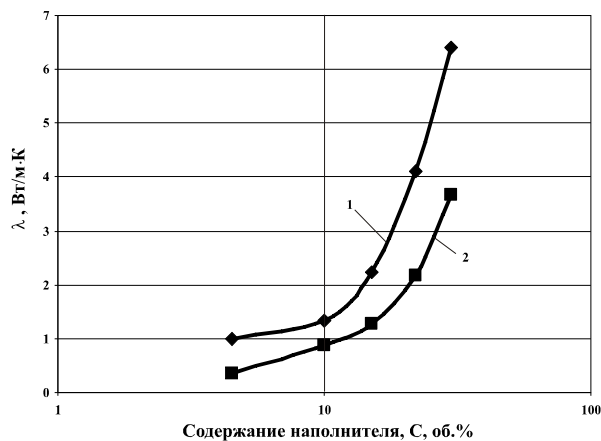
материалом помещались в вакуумную печь, предварительно нагретую до 180°C, после чего в печи создавался вакуум ( $10^{-3}$  мм. рт. ст.). Вакуумирование производилось для удаления воздуха и исключения образования воздушных пор в образцах. После выдержки в печи в течение 2,5-3 ч пресс-формы с полимером помещались в гидравлический пресс, где создавалось усилие 150 кН (15 тс). Охлаждение пресс-форм под давлением производилось до комнатной температуры, после чего пресс-формы извлекались из пресса, и производилась их разборка. Образцы имели форму пластин с размерами 85×65×(0,8-6) мм.

Исследование теплофизических свойств разработанных ТПМ проводилось с помощью анализатора теплопроводности марки ТНВ-100 фирмы Linseis. Для измерения коэффициента теплопроводности применялись два одинаковых образца из одного и того же ТПМ, между которыми помещался измерительный датчик, включающий нагреватель и датчик температуры, собранный по мостовой схеме. Разность потенциалов в диагонали моста соответствует возникающей разности температур.

В табл. 1 приведены значения коэффициентов теплопроводности ( $\lambda$ ) и температуропроводности ( $\alpha$ ) полимерных матриц. Видно, что значения коэффициентов  $\lambda$  и  $\alpha$  для образцов ЛПЭНП более чем в 1,5 раза превышают таковые для образцов СПП.

Таблица 1. Теплофизические свойства полимерных матриц

Материал	$\lambda$ , Вт/м·К	$\alpha \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> /с
ЛПЭНП	0,36	1,85
СПП	0,235	1,18



Зависимости коэффициента теплопроводности ТПМ на основе ЛПЭНП и СПП представлены на рис. 2.

Видно, что зависимости на рис. 2 имеют немонотонный характер, и при некотором пороговом содержании наполнителя наблюдается резкое увеличение коэффициента теплопроводности при  $C \approx 10-15$  об.%. Это увеличение  $\lambda$  может быть связано с появлением перколяционного эффекта, наблюдающегося при превышении порогового содержания наполнителя в полимерной матрице, и обусловлено наличием прямого контакта между частицами наполнителя [3, 4]. Величина коэффициента  $\lambda$  для ТПМ на основе ЛПЭНП в 1,5-2,0 раза выше, чем для ТПМ на основе СПП при одинаковом содержании наполнителя, что обусловлено большей

теплопроводностью самой матрицы из ЛПЭНП.

Выводы по результатам проведенных исследований теплофизических свойств новых ТПМ можно сформулировать следующим образом.

– Применение линейного полиэтилена низкой плотности и статистического сополимера пропилена и этилена, модифицированных наполнителем из графита позволяет получить ТПМ с коэффициентом теплопроводности более 1 Вт/(м·К).

– Разработанные ТПМ могут быть рекомендованы для изготовления теплоотводящих элементов конструкций светодиодных ламп.

#### Список литературы:

1. Криваткин А., Сауненко Ю., Применение теплорассеивающих пластмасс для охлаждения LED-кристаллов // Современная светотехника. – 2010. – № 4. – С. 50–54.
2. Криваткин А., Сауненко Ю., Теплорассеивающие пластмассы – вызов алюминию // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – № 1. – С. 54–56.
3. Харитонов Е.В., Диэлектрические материалы с неоднородной структурой. – М.: Радио и связь, 1983.
4. Stauffer D., Aharony A., Introduction to percolation theory. – Taylor and Francis: London, 2<sup>nd</sup> Edition. – 1992.

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ КОМПОЗИТОВ НАНОЧАСТИЦАМИ КЕРАМИКИ

*Ю.И. Гордеев, к.т.н. доц., А.С. Бинчуров, аспирант,  
А. К. Абкарян, к.т.н. доц., В.Б. Ясинский к.т.н. доц.  
Сибирский Федеральный Университет. Политехнический институт,  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, тел.89135209800  
E-mail: [mexanixs@mail.ru](mailto:mexanixs@mail.ru)*

Накопленные данные многочисленных исследований о свойствах, способах, технологиях изготовления и практическому применению наноструктурированных твердосплавных композитов показывает, что задача повышения комплекса их физико-механических и эксплуатационных характеристик может быть решена за счет использования в качестве основной фазы наноразмерных порошков карбида вольфрама [1]. Однако, сохранение наноразмерного карбидного зерна в структуре твердосплавного композита требует применения специального оборудования и технологий (СВЧ спекание, ГИП, плазменное спекание под давлением, спекание индукционным нагревом, электроимпульсное плазменное спекание (ЭИПС – *Spark Plasma Sintering* – *SPS*) и др.), что приводит к увеличению стоимости твердосплавных изделий. Другим эффективным технологическим способом (приемом) повышения качества твердосплавного материала является использование в исходной смеси субмикронных порошков карбида вольфрама в сочетании с добавками наноразмерных частиц карбидов, нитридов, оксидов, которые играют роль ингибиторов роста зерна основной карбидной фазы WC при спекании [2–4]. На целесообразность использования такого подхода с целью обеспечения функционального градиента свойств за счет микронной, субмикронной карбидной фазы и добавок наночастиц различного состава и дисперсности указывается также в работах [2,5].

Необходимо особо подчеркнуть, что влияние добавок наночастиц не ограничивается только их ингибирующим воздействием. При условии их равномерного распределения по объему кобальтового связующего формируются квазинанокристаллические фрагменты структуры (Co – включение наночастиц