



1150TH

Anniversary Al-Farabi

**«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ИННОВАЦИЯЛАР: ЖАҢАЛЫҚТАР, МӘСЕЛЕЛЕР
МЕН ЖЕТІСТІКТЕР»**

атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының

МАТЕРИАЛДАР ЖИНАҒЫ

2-том

29-30 сәуір 2020

PROCEEDINGS

of the international scientific and practical conference
«SCIENCE AND INNOVATION: NEWS, PROBLEMS AND
ACHIEVEMENTS»

2-volume

29-30 april 2020

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

международной научно-практической конференции
«НАУКА И ИННОВАЦИИ: НОВОСТИ,
ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ»

2-том

29-30 апрель 2020

Алматы, 2020

ӘОЖ 001.8
КБЖ 72(063)
Ғ 96

Редакция алқасы:

А.А. Амангелдиев, Н.Б. Сейсенбек, Н.А. Еламанов

Редакционная коллегия:

А.А. Амангелдиев, Н.Б. Сейсенбек, Н.А. Еламанов

Editorial team:

А.А. Amangeldiyev, N.B. Seisenbek, N.A. Elamanov

Ғ 96 «**Ғылым және инновациялар: жаңалықтар, мәселелер мен жетістіктер**» халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының мақалалар жинағы. 2-том. – Алматы: «Bilim Innovations Group» орталығы, 2020. – 304 бет.

«**Наука и инновации: новости, проблемы и достижения**» Сб. материалов межд. науч-практ. конф. 2-том. – Алматы: Центр «Bilim Innovations Group», 2020. – 304 с.

Proceeding international scientific and practical conference «**Science and innovation: news, problems and achievements**». 2-volume. – Almaty, Center «Bilim Innovations Group», 2020. – 304 p.

ISBN 978-601-332-728-0

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және ғалымдардың қазіргі ғылымдағы өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и ученых по по актуальным проблемам современной науки.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and scientists on topical issues of modern science.

ӘОЖ 001.8
КБЖ 72(063)

ISBN 978-601-332-728-0

© «Bilim Innovations Group» орталығы, 2020
© Center «Bilim Innovations Group» 2020

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ДИСПЕРСНО НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ

Е. Аманкулов

И.о. профессора, КазНУ им. Аль-Фараби, г. Алматы

Е.Б. Сайынов

Магистр, КазНУ им. Аль-Фараби, г. Алматы

В работе исследовано воздействие постоянного магнитного поля на структурообразование в наполненных полимерных композиционных материалах (НПКМ) для придания НПКМ электропроводных свойств. НПКМ получены на основе эпоксидно-диановой смолы, жидкого пластика EpoximaxX Premium 6M и мягкого полимера Mold Max 14NV. В качестве наполнителя использован порошок железа. Определены значения электропроводности НПКМ в зависимости от рецептурного состава материала, концентрации электропроводящего дисперсного наполнителя в полимерной среде, а также зависимость исследуемого свойства от температуры. Установлено, что управление структурной организацией частиц наполнителя в среде полимерного компаунда воздействием постоянного магнитного поля позволяет существенно повысить электропроводящее свойство полимерного композиционного материала.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, электромагнитная установка, магнитное поле, концентрация, цепочечные структуры, электропроводность.

Результаты многочисленных экспериментальных и теоретических работ показывают, что дозированное наполнение полимерной матрицы частицами металлов и их сплавов, графита, сажи, углеродных частиц позволяет целенаправленно управлять и придавать материалам на основе полимеров необходимые электрофизические свойства [1-3].

Электропроводящие композиты на полимерной основе изготавливают путем перемешивания наполнителя с соответствующим свойством с полимерным связующим для последующего получения материала методом прямого компаундирования, литьем под давлением, экструзией, прессованием и т. д. При этом управлять структурной организацией выбранного наполнителя в среде полимерной фазы становится труднодостижимым: имеет место случайное и неравномерное распределение частиц наполнителя по объёму матрицы, могут происходить эффекты седиментации и агломерации более тяжелых частиц наполнителя в среде с более низкой плотностью. Проявление этих процессов могут оказать отрицательное влияние на ожидаемые результаты в конечном материале.

По сравнению с вышеперечисленными методами, использование магнитного поля в технологии получения наполненных полимеров обладает рядом неоспоримых преимуществ, обусловленных наличием ориентационных эффектов на магнитоактивные частицы под воздействие силовых линий магнитной индукции. Однако аспекты регулирования электрофизических свойств наполненных полимерных композиционных материалов (НПКМ) путем структурной организации частиц электропроводящего наполнителя в среде полимерного компаунда воздействием магнитного поля изучены недостаточно.

Целью работы является получение НПКМ в постоянном магнитном поле и изучение возможности повышения электропроводности полимерной матрицы, которая относится к классу диэлектрических материалов.

Для прохождения электрического тока требовалось создать в НПКМ каналы электропроводности с ориентацией и выстраиванием частиц электропроводящего наполнителя в цепочечные структуры по линиям, параллельным силовым линиям постоянного магнитного поля. С этой целью нами была использована электромагнитная установка, создающая постоянное магнитное поле в зазоре между полюсами (блок-схема приведена на рис. 1).

В качестве полимерной фазы НПКМ были выбраны: жидкий пластик EpoximaxX Premium 6M на основе эпоксидной смолы, отверждаемый изоцианатом; эпоксидная смола ЭД-20 (отвердитель – ПЭПА, пластификатор – ДЭГ-1) и мягкий полимер Mold Max 14NV.

Электропроводящий наполнитель - порошок железа с эффективным размером частиц до 100 мкм.

Образцы НПКМ были получены по единой технологии, содержание наполнителя составляло 20, 40 и 60% (в объемных долях) по отношению к объему полимерной матрицы.

Измерение удельной электропроводности НПКМ проводили на цилиндрических образцах толщиной около 2 мм

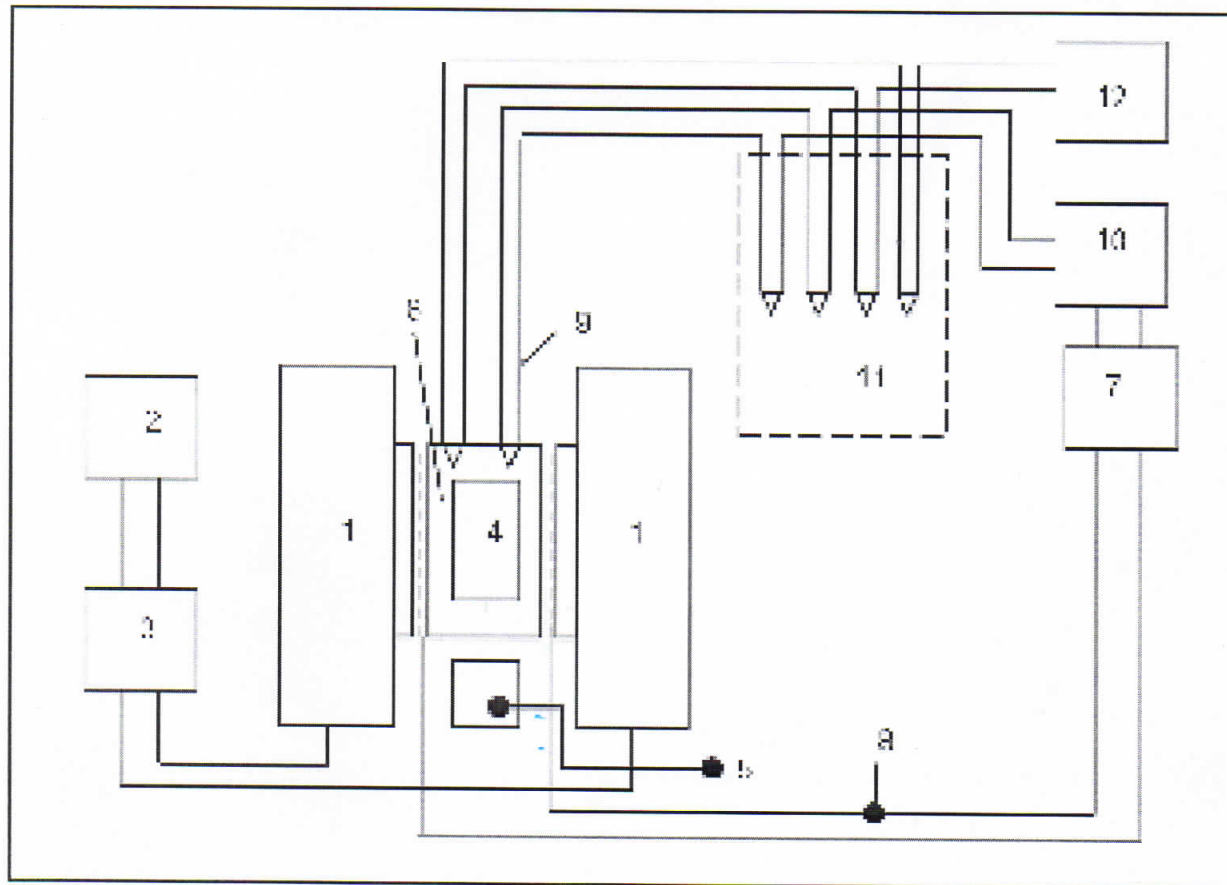


Рисунок 1 - Блок-схема электромагнитной установки:

1 – электромагнит с катушками, 2 – регулятор напряжения для питания обмоток электромагнита, 3 – выпрямитель, 4 – контейнер цилиндрической формы для заливки и отверждения ПКМ, 5 – мини-электродвигатель постоянного тока, 6 – термостат для отверждения ПКМ при повышенной температуре, 7 – лабораторный автотрансформатор для питания электронагревательных элементов термостата, 8 – электронагреватели сопротивления из нихромовой проволоки, 9 – хромель-копелевые термодпары, 10 – высокоточный регулятор температуры, 11 – нуль-термостат, 12 – термометр.

Измерения сопротивления образцов проводились с помощью системы электродов с диаметром 10 мм и 20 мм. Все подводящие провода находились во фторопластовой изоляции. Вся установка была экранирована и заземлена.

Удельное объемное сопротивление определяли по известной формуле $\rho = RS/l$, где R – сопротивление проводника, измеренное при комнатной температуре; S – постоянное поперечное сечение образца, м²; l – толщина образца, м.

Измерения электрического сопротивления R проводились с точностью до 10%.

Электропроводность σ рассчитывалась по формуле $\sigma = 1/\rho$.

Результаты измерений (усредненные значения) приведены на рис. 2 - 5.

Из полученных данных следует, что выстраивание частиц наполнителя в требуемые цепочечные структуры существенно зависит от начальной вязкости полимерной матрицы.

Например, из сравнения рис. 2-4 следует, что для НПКМ на основе эпоксидной смолы процессы ориентации частиц железа вдоль силовых линий магнитного поля являются более упорядоченными, и в результате этого электропроводность НПКМ значительно повышается (рис. 4), в отличие от электропроводности НПКМ, полученных на основе смолы EroximaxX Premium 6M и мягкого полимера Mold Max 14NV. Возможно, что это связано с эффектом трения, который создается между удельной поверхностью частиц наполнителя и вязкой средой, а также степенью сцепления частиц наполнителя с полимерной фазой в ее вязко-текучем состоянии.

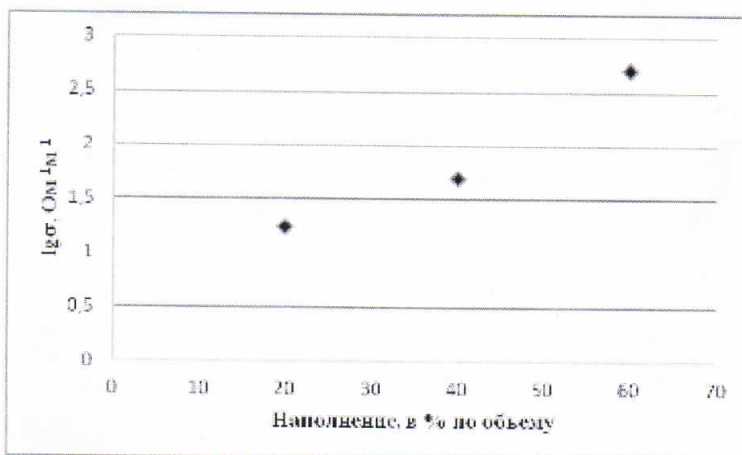


Рисунок 2(3.4) - Зависимость электропроводности НПКМ на основе пластика Epoximax Premium 6M от концентрации железного порошка

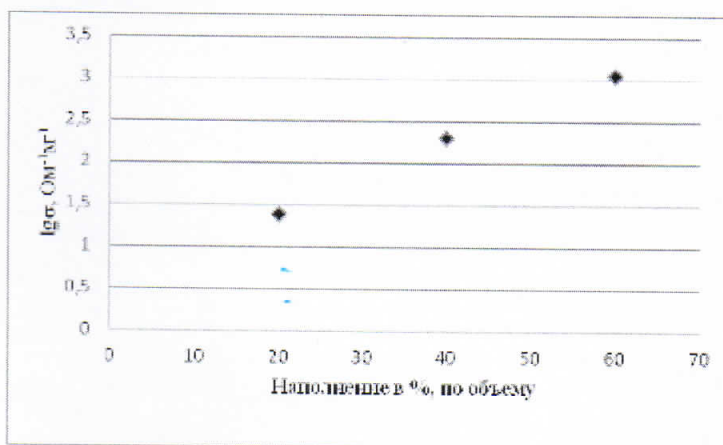


Рисунок 3 (3.7) - Зависимость электропроводности НПКМ на основе ЭД-20, отвержденная ПЭПА (пластификатор – ДЭГ-1)

Известно, что для большинства органических полимерных электроизоляционных материалов величина удельного объёмного сопротивления находится в диапазоне $\rho = 10^{10} \dots 10^{16}$ Ом·м [4-7].

В случае НПКМ на основе эпоксидной смолы и при концентрации наполнителя в 60% (объем. доли) полученное из эксперимента значение удельного объёмного сопротивления составило $\rho \sim 2 \cdot 10^{-3}$ Ом·м (рис. 3).

Таким образом, наполнение полимерных матриц порошком железа и ориентирование частиц наполнителя с помощью магнитного поля позволили многократно повысить электропроводность полимерной матрицы и получить НПКМ с электропроводящими свойствами на уровне полупроводников со средней электропроводностью.

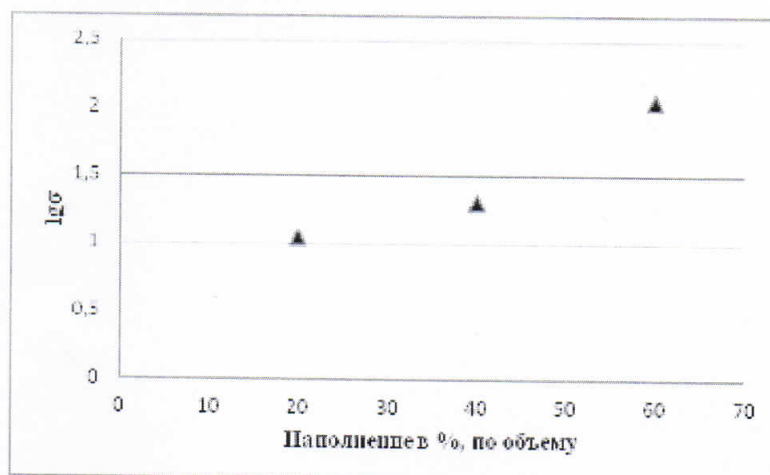


Рисунок 4 (3.9) - Зависимость электропроводности НПКМ на основе Mold Max 14NV

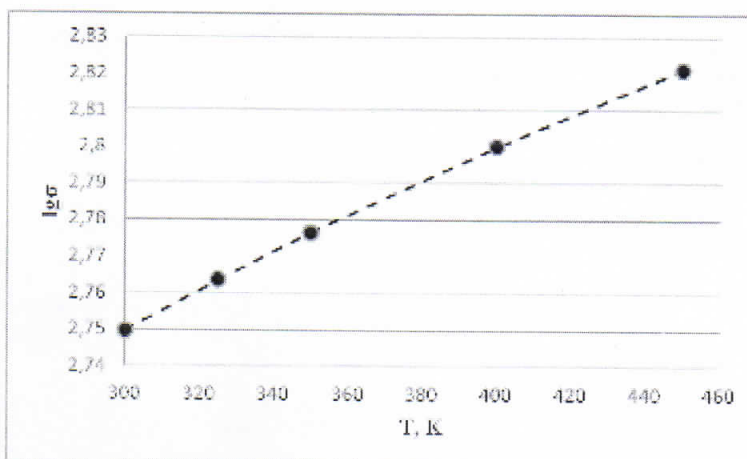


Рисунок 5 (3.6) - Зависимость электропроводности НПКМ на основе пластика Epoxitax Premium 6M от температуры (концентрация железного порошка 60%, объем. доли)

Как видно из рис. 5, электропроводность НПКМ заметно зависит от температуры. При изменении температуры от 300 К до 450 К ρ принимает значения от $2 \cdot 10^{-3}$ Ом·м до $1,7 \cdot 10^{-3}$ Ом·м. Наблюдаемое повышение электропроводности НПКМ при повышенных температурах можно объяснить с определенным вносимым вкладом в общую электропроводность ионов и высвобождаемых радикалов самой полимерной фазы [8].

Литература

- 1 Tatsumi M., Kimura F., Kimura T., Teramoto Y., Nishio Y. (2014 Dec.). Anisotropic polymer composites synthesized by immobilizing cellulose nanocrystal suspensions specifically oriented under magnetic fields. *Biomacromolecules*, 15(12), 4579-89.
- 2 Han B., Zhou W., Liu C., Liu D., Wang X. (2014). Effect of Magnetic Field Treatment on Dielectric Properties of LDPE Composites with Carbon Nanotube and Nanographite. *Adv. Mater. Res.*, 873, 436-440.
- 3 Stadnick A.D., Moroz I.A., Medvedovskaya O.G., Bilyk V.M. (2015). Structure and Properties of Polymer Composites and Nanocomposites Subjected to Thermomagnetic Treatment. *Journal of nano- and electronic physics*, 7(3), 03046-1 - 03046-5.
- 4 Reed R.P., Schramm R.E., Clark A. (1973). Mechanical, thermal, and electrical properties of selected polymers. *Cryogenics*, 13 (2), 67-82.
- 5 Sazhin B.I., Lobanov A. M., Romanovskaya O. S., Eidelnant M.P. and Koikov S.N.(1977). *Elektricheskie svoistva polimerov [Electrical Properties of Polymers]*. L, Russia: Chemistry, 192.
- 6 Riande E., Diaz-Calleja R. (2004). *Electrical Properties of Polymers*. CRC Press, 600.
- 7 Hedvig P. (2016). *Electrical properties of polymers*. Paper presented at the Conference: Washington, DC, USA.
- 8 Шевченко В. Г., Пономаренко А. Т. Процессы переноса в электропроводящих дисперсно-наполненных полимерных композитах. //Успехи химии. Т.7, вып. 8, 1983.