

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЛИЯНИЕ РЫБЬЕЙ КОСТИ НА ПРОЦЕСС РАЗВИТИЯ ДЕНДРИТОВ В ПОЛИЭТИЛЕНЕ ПРИ ПРОБИВНОМ НАПРЯЖЕНИИ

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2021.5.82.1229

Годжаев Э.М.

*Зав. кафедрой физики, профессор,
Азербайджанский технический университет,
Баку, Азербайджан*

Алиева Ш.В.

*Зав.лаб. кафедрой физики, докторант,
Азербайджанский технический университет,
Баку, Азербайджан*

Салимова В.В.

*Ассистент кафедры физики, докторант,
Сумгаитский государственный университет,
Сумгаит, Азербайджан*

Мехтиева Ш.М.

*Доцент кафедры физики, доцент,
Азербайджанский технический университет,
Баку, Азербайджан*

THE EFFECT OF FISH BONE ON THE DEVELOPMENT OF DENDRITES IN POLYETHYLENE AT BREAKDOWN VOLTAGE

Gojayev E.M.

*Head of the Department of Physics, Professor,
Azerbaijan Technical University,
Baku, Azerbaijan*

Aliyeva Sh.V.

*Head of the Laboratory of Physics, PhD student,
Azerbaijan Technical University,
Baku, Azerbaijan*

Salimova V.V.

*Teacher, Department of Physics, PhD student,
Sumgayit State University,
Sumgayit, Azerbaijan*

Mekhtiyeva Sh.M.

*Associate Professor of Physics, Associate Professor,
Azerbaijan Technical University,
Baku, Azerbaijan*

РЕЗЮМЕ

В работе изложены результаты исследования влияния добавок из рыбьей кости на процесс развития дендритов в полиэтилене низкой плотности при его пробое. Выявлено, что с введением добавок из рыбьей кости в оптимальном количестве способствует увеличению индукционного периода возникновения дендритов в полиэтилена низкой плотности, связано замедлением процесса появления локального нагрева вблизи острия в сильном электрическом поле и появлением начального дефекта вследствие теплового разложения полимера.

ABSTRACT

The paper presents the results of a study of the effect of fish bone additives on the development of dendrites in low-density polyethylene during its breakdown. It was found that with the introduction of additives from fish bone in an optimal amount it promotes an increase in the induction period of the appearance of dendrites in low-density polyethylene, due to a slowdown in the process of the appearance of local heating near the tip in a strong electric field and the appearance of an initial defect due to thermal decomposition of the polymer.

Ключевые слова: полиэтилен, рыбьей кости, развития дендритов, добавка биологического происхождения, пробой.

Key words: polyethylene, fish bone, development of dendrites, additive of biological origin, breakdown.

Введение

При изготовлении композитных материалов полимерного материала, т.е. материала с различного назначения основной целью наполнителя является получение усиленного улучшенным комплексом физических свойств.

Достигается оно введением различных наполнителей. При создании композиционных материалов со специальными свойствами наполнители, как правило, вводятся для того, чтобы придать материалу желаемые электрофизические, термические, сенсорные и другие свойства.

При этом частицы наполнителя тем или иным способом распределяются в полимерной матрице. Добавки при этом изменяют надмолекулярную структуру, которая во многом определяет диэлектрические и электрические свойства полимеров и композитов на их основе. Характер структурообразования в полимерах и композитах на их основе зависит от свойства макромолекул и от внешних условий, в которых происходит формирование надмолекулярных структур. Зависимо от рода и свойств наполнителя, изменяется скорость кристаллизации или отвердевания, температура релаксационных переходов, электрических, механических и других свойств композиционных материалов. Эти особенности говорят о том, что с изменением рода наполнителей можно управлять свойствами композиционных материалов на полимерной основе. Введение наполнителя в полимеры сопровождается появлением новых искусственных зародышей кристаллизации и центрами захвата для электрического заряда, которые могут способствовать увеличению величины поверхностной плотности электретных зарядов и времени их жизни.

В работе [1] выявлено, что электрический пробой полимеров с насыщенными связями рассматривается как следствие образования областей низкой плотности в объеме полимеров. Эти области образуются из-за диссоциации химических связей, инициированной ионизацией макромолекул в сильном электрическом поле. Было показано, что на основе этого подхода можно оценить электрическое время жизни полимера. В работе [2] представлен анализ того, как отрицательный объемный заряд, накопленный в полимерных диэлектриках в сильных электрических полях, влияет на зависимость времени пробоя полимеров от электрического поля и зависимость электрического поля пробоя от скорости повышения средней напряженности поля в условиях подавления частичных разрядов. В работе [3] с помощью экспериментальных результатов обсуждается поведение деревьев постоянного тока, вызванное накоплением пространственного заряда, с характером инжекции и захвата носителей в полимерах. На основании экспериментальных данных по электрическому старению литой полиэтиленовой изоляции под

действием высокого напряжения сделан вывод, что ветви дендритов (дефектов старения), растущие в изоляции, могут быть как токопроводящими, так и непроводящими в зависимости от условий эксперимента. Описан метод численного моделирования электрического поля вокруг каналов пробоя [4]. Метод математического моделирования электрофизических процессов электрического старения полимерных диэлектриков под действием напряжения описан в работе [5]. Приведен пример расчета эволюции дефектной структуры в пространстве и времени в полиэтиленовом изоляторе.

Исходя из вышеизложенного в качестве наполнителя нами были выбраны бионаполнители, такие как рыбьей кости.

Методика эксперимента

Композиты получены следующим образом, в исходное сырье, гранулированный полиэтилен высокого давления (ПЭВД) марки 15803 -020, методом механического смешивания введена, нами предложенная добавка, рыбьей кости. Смешивание длилось около 30 минут. Для получения порошков наполнителя, в начале рыбьей кости тщательно очищали и сушили постепенным увеличением температуры от комнатной до 50°C, выдерживая при этой температуре 24 часа, затем высушенные, таким образом, рыбьей кости в специальной мельнице перемалывались в порошок. Композиты получали из гомогенной смеси порошков компонентов матрицы и наполнителя с помощью обогреваемого пресса при температуре 420K и давлении 15МПа. Режим кристаллизации и закали- быстрого охлаждения образцов в смеси вода-лед. Определение дендритостойкости производилось по методике двух игл [6], на частоте 50Гц при комнатной температуре на высоковольтной установке АИИ-70. В качестве электродов использовались стальные иглы. Заземленный электрод имел диаметр 80 мкм. С целью получения стандартных размеров острия остальные иглы для высоковольтных электродов подвергались электролитическому травлению в 2 %растворе NaOH до диаметра закругления острия 4 ± 0.5 мкм. Величина тока подбиралась экспериментально в зависимости от количества игл, подвергающихся одновременно травлению. Образцы имели бруски размером 20×10×4мм. (рис.1а). Для предотвращения образования трещин в процессе приготовления образца, при введении в него электродов, образцы и электроды прогревались в течение 15минут в термостате при температуре близкой $T_{пл}$. При введении электродов образцы располагались в канавке приспособления (рис.1б), а иглы вводились через пазы.

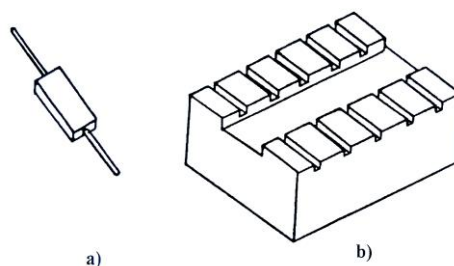


Рис. 1. формы образцов (а), и приспособление с канавкой (b) для расположения образцов.

Такая методика позволяла получать отклонение от соосности не более 0.1мм. Расстояние между концами электродов составляло 4 мм, которое контролировалось под микроскопом. В случае непрозрачных образцов на горизонтальном компараторе из ИЗА-В2 измерялась длина игл до ± 0.05 мм. Расстояние между электродами в этом случае определялось исходя из измеренных длин и расстояния между внешними концами игл в приготовленном образце. Электродное устройство помещалось в эксикатор, заполненный для устранения поверхностных разрядов трансформаторным маслом. На образцы подавалось в течение 1 часа определённое напряжение U . Затем определялось количество образцов n , в которых при данном напряжении проросли дендриты. Для каждой партии композитов испытывались несколько серий (не менее 3) образцов (по 10 каждая) при разных напряжениях. Наличие дендритов в прозрачных образцах определялось визуально под микроскопом. Для прозрачных при помощи микротомы около кончика высоковольтного электрода делались срезы толщиной не более 500мкм, которые затем просматривались под микроскопом. По данным опытов строилась зависимость количества образцов с дендритами от напряжения, при котором они образуются. Зависимость $n=f(U)$ в первом приближении, в узком интервале изменение U может быть представлено прямой. Из графика находилось значение U_d ,

соответствующее $n=5$, которое принималось за величину дендритостойкости. Относительная погрешность не превышает 5%.

Экспериментальные результаты и их обсуждение.

Известно, что электрические дендриты возникают в местах резко неоднородного поля при подаче напряжения частотой 50Гц или импульсного напряжения достаточно большой амплитуды. Дендриты могут прорасти под влиянием частичных разрядов, развивающихся между электродом и образцом или во внутренних порах в полимере. Это означает, что наличие неоднородностей в полимерных композитах в виде воздушных пор способствует интенсивному развитию в них электрического разрушения.

Для воздействия на процессы образования и агрегирования различных элементов надмолекулярной структуры предложено введение в полимер определенного количества поверхностно-активных веществ. С помощью добавок из поверхностно-активных веществ можно изменять размеры и форму элементов надмолекулярной структуры в полимере и тем самым неоднородностей в них.

На рис 2. представлены экспериментальные результаты, полученные для образцов из полиэтилена высокого давления. Видно, что численное значение U_d для испытанных образцов составляет 6,75кВ.

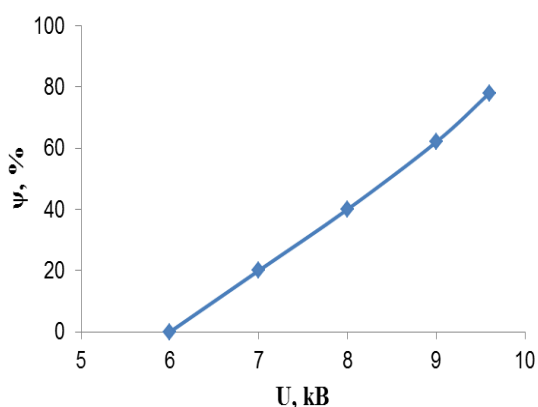


Рис.2

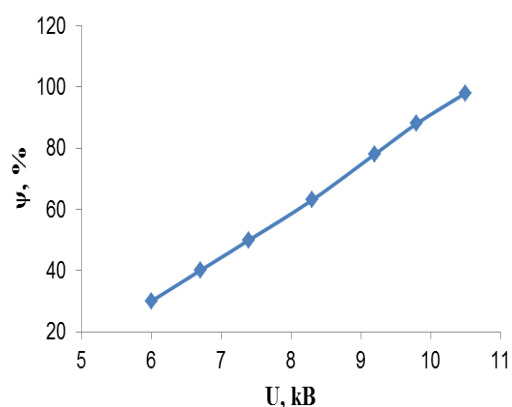


Рис.3

Однако, как следует из рис.3 при введении в ПЭВД рыбьей кости в количестве 0,5об.% приводит к увеличению U_d до 8кВ. Это означает, что рыбьей кости в малом количестве влияют на

дендритостойкость ПЭВД. Выявленное увеличение дендритостойкости ПЭВД с введением рыбьей кости, прежде всего, можно объяснить на основе уменьшения неоднородностей в виде воздушных

пор в результате ускорения структурообразования и возникновению более однородной надмолекулярной структуры. Отметим, что на дендритостойкость кристаллизующихся полимеров значительно влияют химическая природа, концентрация, физическая и электрофизическая природа вводимых добавок.

В общем случае, развитие процесса дендритов в полимерных материалах проходит две стадии. Первая стадия соответствует зарождению дендрита и охватывает период времени от момента приложения электрического напряжения до возникновения дендрита. Момент возникновения дендрита фиксируется визуально под микроскопом. Возникновение дендрита соответствует появлению вблизи игольчатого электрода канала неполного пробоя длиной 10-20 мкм. Вторая стадия развития дендритов соответствует росту канала дендрита и охватывает период времени от момента появления дендрита до пробоя образца. Если напряженность электрического поля вблизи электрода-острия превышает электрическую прочность полимера, то дендрит возникает практически сразу вследствие неполного пробоя полимера.

В случае, если проложенное напряжение недостаточно для достижения значений «истинной» электрической прочности вблизи электрода, то между моментом подачи напряжения и возникновением дендрита существует индукционный период, в течение которого в полимере накапливаются изменения, приводящие через определенное время к возникновению дендрита. В рассматриваемом случае, время развития дендрита до полного пробоя образца состоит из индукционного периода зарождения дендрита и периода роста канала дендрита. Продолжительность периода зарождения дендрита сохраняется при увеличении амплитуды напряжения частотой 50 Гц и повышении температуры испытаний.

Известен ряд предположений о процессах, происходящих в течение индукционного периода. Однако, до настоящего времени отсутствуют

достаточно надежные экспериментальные данные в поддержку той или иной гипотезы. Анализируя существующие предположения можно заключить, что обнаруженное нами увеличение индукционного периода возникновения дендритов в ПЭВД с введением добавок из рыбьей кости в оптимальном количестве можно объяснить на основе их структурирующей особенности, что способствует замедлению процесса появления локального нагрева вблизи острия в сильном электрическом поле и появление начального дефекта вследствие теплового разложения полимера. На это также указывают экспериментальные результаты, представленные на рис.3.

Выводы

Выявлено, что определением оптимального объемного содержания бионаполнителя из рыбьей кости можно получить биокompозиты с устойчивыми диэлектрическими параметрами.

Литература

1. Zakrevskii VA, Sudar' N. T., Zaopo A., Dubitsky Yu. A. (2003) Mechanism of electrical degradation and breakdown of insulating polymers Journal of Applied Physics 93(4):2135-2139
2. Zakrevskii V. A. Sudar' N. T. (1996) The effect of space charge on the electrical breakdown of polymers Technical Physics 41(4):352-356
3. Masayuki Ieda (July 1980) Dielectric Breakdown Process of Polymers IEEE Transactions on Electrical Insulation EI-15(3):206 – 224 DOI: 10.1109/TEI.1980.298314
4. Marina Rezinkina (June 2005) Growth of dendrite branches in polyethylene insulation under a high voltage versus the branch conductivity Technical Physics 50(6):758-765 DOI: 10.1134/1.1947354
5. Rezinkina M. M. (2000) Modeling of the dendrite shape variation with applied electric field strength in poly(ethylene) Technical Physics Letters volume 26, pages 196–198
6. Memahon E.I., Perkins I.B., IEEE Trans on Power Appar and System (1964) 83(12) p.1253.

СПЕКТРЫ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ БИОКОМПОЗИТОВ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2021.5.82.1238

Годжаев Э.М.

*Зав. кафедрой физики, профессор,
Азербайджанский технический университет,
Баку, Азербайджан*

Салимова В.В.

*Ассистент кафедры физики, докторант,
Сумгаитский государственный университет,
Сумгаит, Азербайджан*

Алиева Ш.В.

*Зав.лаб. кафедрой физики, докторант,
Азербайджанский технический университет,
Баку, Азербайджан*

SPECTRA OF THERMOSTIMULATED DEPOLARIZATION OF BIOCOMPOSITES WITH FILLERS OF BIOLOGICAL ORIGIN.