7universum.com
UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: технические науки

Выпуск: 6(135)

Июнь 2025

Часть 6

Москва
2024

Содержание

Статьи на русском языке **4**

Химическая технология **4**

СЕЛЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ РАЗНЫХ СОРТОВ ПАЛЫГОРСКИТОВЫХ ГЛИНИСТЫХ СОРБЕНТОВ 4
Сайимова Дилбар Кахрамоновна
Амонов Мухтор Рахматович
Холов Хуршид Муродиллаевич

ОЛИГОМЕРНЫЕ АНТИПИРЕНЫ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТА ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ 10
Сиддиков Икромжон Иминжонович
Нуркулов Файзулла Нурмуминович
Жумаев Сайфидин Кодирович
Кулдошев Одилжон Мухторович

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРА ПОЛИФЕНИЛЕН СУЛЬФИДА (ПФС) НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА НАТРИЯ 17
Султонов Ойбек Комилжонович
Каримов Масъуд Убайдулла угли
Джалилов Абдулахат Турапович

ИЗВЛЕЧЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ 21
Турсунова Феруза Жамшидовна
Амонов Мухтар Рахматович

ОБОСНОВАНИЕ СТОИМОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МУКИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН 28
Узоков Юсуф Ахролович
Пардаев Зафар Темирович
Бахтиярова Марджона Бахтияровна
Хафизов Шохрух Гафуржонович
Абдуллаев Лазиз Мусирмонович

ЗНАЧЕНИЕ ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО РАСЧЁТОВ 33
Узоков Юсуф Ахролович
Темурова Азиза Темуровна

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ АЛЮМИНИЙ И КРЕМНИЙ, НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПОЛИМЕРОВ 38
Хаиталиев Одилжон Бобаражабович
Раҳмонкулов Аликул Амиркулович
Хайдаров Туймурод Зойирович
Нуркулов Файзулла Нурмоминович
Джалилов Абдулахат Турапович

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ГИДРОГЕНЕЗАЦИИ НА ИННОВАЦИОННЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ 45
Ходжиев Шухрат Махмудович
Мажидов Кахрамон Халимович

СИНТЕЗ НОВЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГУАНИДИНА И АМИНОГУАНИДИНА 49
Хусанова Мохинур Улугбек кизи
Каримов Махмуд Муратович
Мухиддинов Баходир Фахриддинович

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПОЛИКОНДЕНСАЦИЯ ПЕНТОЗАНСОДЕРЖАЩИХ ОЛИГОМЕРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА РЕЗИН 55
Эргашева Хикоят Турабовна
Тешабаева Элмира Убайдуллаевна
Мадримова Озода Шукурллаевна
Бобораҳабова Зарнигор Фатхиддин қизи
Ибадуллаев Аҳмаджон

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕКОТОРЫХ ОТХОДОВ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ 62
Эшниёзова Наргиза Норкуловна
Жураев Мурод Махмаражабович
Утамирзаева Камола Миршароповна

DOI: 10.32743/UniTech.2025.135.6.20451

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ АЛЮМИНИЙ И КРЕМНИЙ, НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

Хаиталиев Одилжон Бобаражабович
независимый науч. сотр.
Ташкентского химико-технологического научно-исследовательского института,
Узбекистан, г. Ташкент
E- mail: ohayitaliyev@gmail.com

Раҳмонкулов Аликул Амиркулович
д-р техн. наук, проф.
Каршинского государственного технического университета,
Узбекистан, г. Карши
E- mail: raxmankulovalicul@gmail.com

Хайдаров Туймурод Зойирович
(PhD) техн. наук, доц.
Каршинского государственного технического университета,
Узбекистан, г. Карши
E- mail: tuymurodxaydarov228@gmail.com

Нуркулов Файзулла Нурмоминович
д-р техн. наук, проф.,
Ташкентский химико-технологический научно-исследовательский институт,
Узбекистан, г. Ташкент
E- mail: gup_tniixt@mail.ru

Джалилов Абдулахат Турапович
д-р хим. наук, проф, академик
Ташкентский химико-технологический научно-исследовательский институт, Узбекистан, г. Ташкент
E- mail gup_tniixt@mail.ru

STUDY OF THE INFLUENCE OF ALUMINUM AND SILICON-CONTAINING MODIFIERS ON THE THERMAL STABILITY OF POLYETHYLENE POLYMERS

Odiljon Khaitaliev
Independent Research Fellow
of Tashkent Chemical-Technological Research Institute,
Uzbekistan, Tashkent

Alikul Rakhmonkulov
Doctor of Technical Sciences, Professor
of Karshi State Technical University of Uzbekistan,
Uzbekistan, Karshi

Tuymurod Xaydarov
(PhD) of technical sciences, Associate Professor
of Karshi State Technical University,
Uzbekistan, Karshi

Библиографическое описание: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ АЛЮМИНИЙ И КРЕМНИЙ, НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ПОЛИМЕРОВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Хаиталиев О.Б. [и др.]. 2025. 6(135). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20451*

Fayzulla Nurkulov
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
Tashkent Chemical-Technological Research Institute,
Uzbekistan, Tashkent

Abdulakhat Djalilov
Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Academician Tashkent Chemical-Technological Research Institute,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В данной статье исследуется влияние модификаторов, содержащих алюминий и кремний, на повышение термостойкости полимеров полиэтилена. В ходе экспериментов были проанализированы термические свойства образцов полиэтилена с добавлением различных количеств алюмосиликатных добавок. С использованием методов термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) были определены термическая стабильность и температуры распада огня под действием модификаторов. Полученные результаты подтвердили, что присутствие оксидов алюминия и кремния в полиэтиленовой матрице способствует повышению термостойкости полимера. Кроме того, было обнаружено, что увеличение количества модификатора положительно влияет на скорость потери массы и температуру распада полимера.

ABSTRACT

This article examines the effect of modifiers containing aluminum and silicon on increasing the heat resistance of polyethylene polymers. During the experiments, the thermal properties of polyethylene samples with the addition of various amounts of aluminosilicate additives were analyzed. Using the methods of thermogravimetric analysis (TGA) and differential scanning calorimetry (DSC), the thermal stability and decomposition temperatures of fire under the action of modifiers were determined. The results confirmed that the presence of aluminum and silicon oxides in the polyethylene matrix enhances the thermal stability of the polymer. In addition, it was found that increasing the amount of the modifier has a positive effect on the rate of mass loss and the temperature of polymer decomposition.

Ключевые слова: модификаторы алюмосиликата, оксид алюминия (Al_2O_3), диоксид кремния (SiO_2), модификация сепаратора, переработка полиэтиленовых отходов, теплостойкость, кинетические параметры, полимерная матрица, электронно-лучевая обработка.

Keywords: aluminosilicate modifiers, aluminum oxide (Al_2O_3), silicon dioxide (SiO_2), separator modification, polyethylene waste processing, heat resistance, kinetic parameters, polymer matrix, electron-beam processing.

Введение

Полиэтилен (PE) считается одним из наиболее важных полимерных материалов, используемых в настоящее время в мировой экономике. Он широко используется в различных экономических отраслях, в том числе в национальной промышленности, сельском хозяйстве, сложных строительных проектах благодаря своему небольшому весу, простоте обработки и возможности многопрофильного применения. В то же время следует отметить, что значительная часть изделий из полиэтилена, которые используются в качестве конструкционных материалов в сложных строительных конструкциях, в секторе упаковки пищевых продуктов и напитков, в короткие сроки приводят к увеличению количества пластиковых отходов. Материалы комплексного научного направления в области органических полимеров и стратегии развития технологий их переработки раскрывают задачи и цели дальнейшего развития и совершенствования полиэтилена в соответствии с требованиями в современном материаловедении [1].

Переработка полиэтиленовых отходов и их повторное использование в качестве вторичного сырья стало социальной необходимостью. Однако в процессе переработки отходы в большинстве случаев превращаются в низкокачественные и ценные продукты ("down-cycling"). Этот процесс создает значительные трудности в вопросе устойчивого развития из-за высокого потребления энергии, воды и соответствующих материальных затрат. Хотя цены на полиэтилен низкой плотности после 2018 года снизились на 37 %, процесс переработки остается экономически неэффективным. Поэтому поиск инновационных и устойчивых способов переработки отходов полиэтилена в ценные продукты является важной и насущной проблемой [6].

В следствие вышесказанного проводятся масштабные исследования по улучшению термохимических свойств путем добавления керамических веществ, в том числе оксидов металлов, в состав сепараторов на основе полиэтилена, и такие сепараторы позволяют создавать литиевые аккумуляторы. Литий-ионные аккумуляторы состоят из электродов, таких как катод, размещенный на алюминиевой фольге, разделенной пористым сепаратором, пропитанным электролитом, и анода, размещенного на медной фольге [7].

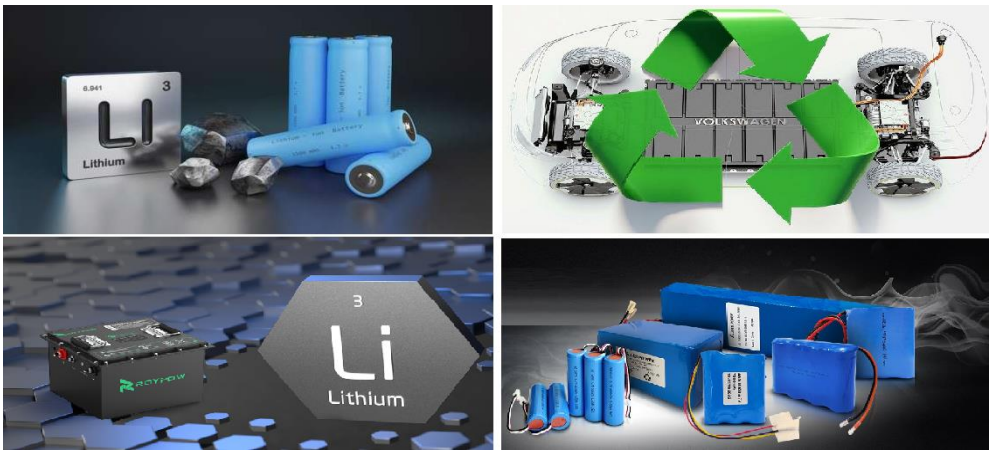


Рисунок 1. Литий-ионные аккумуляторы различного внешнего вида

Следует также отметить, что литий-ионные аккумуляторы также имеют тенденцию к взрывоопасности, причины которой заключаются в том, что в процессе использования металлического анода в аккумуляторах в периоды зарядки и разрядки появляются пространственные образования (дендриты), которые могут привести к короткому замыканию электродов и, как следствие, пожару или взрыву [8]. Чтобы устранить эти недостатки, необходимо обеспечить термическую стабильность материалов сепараторов, входящих в состав батареи. В связи с этим проводятся обширные исследования по улучшению их термохимических свойств путем добавления керамики, включая оксиды металлов, в состав сепараторов на основе полиэтилена [9].

В настоящем исследовании был поднят вопрос о разработке полиэтиленового сепаратора, модифицированного диоксидом кремния (SiO_2), и его научном анализе. Данная модификация была выполнена с помощью метода облучения электронным пучком. В результате модифицированный сепаратор достиг высокой степени термической стабильности при сохранении своих структурных свойств, а именно толщины и молекулярной структуры. В частности, при температуре 180°C скорость потери массы в сепараторе улучшилась, достигнув гораздо более высокой скорости по сравнению с обычными полиэтиленовыми сепараторами [10].

Материалы и методы исследования

Из проведенных исследований известно, что включение оксидов металлов в состав полиэтиленового сепаратора положительно влияет на тепловые и механические свойства материала. Например, оксиды металлов, такие как диоксид кремния, оксид алюминия (Al_2O_3), диоксид титана (TiO_2), образуют взаимные физические и химические связи с полимерной матрицей, повышая термостойкость материала. Было обнаружено, что благодаря такой модификации процессы термической деформации, плавления и линейной усадки сепараторов значительно снизились [2].

Результаты проведенных нами исследований показали, что модификация Sio PE сепаратора с электрохимической активностью не оказывает отрицательного влияния на расход энергии аккумуляторных элементов. Разработка полиэтиленовых сепараторов, обогащенных оксидами металлов из материалов, изученных в ходе анализа литературы, была рекомендована в качестве одного из эффективных решений для обеспечения безопасности литий-ионных аккумуляторов и повышения их способности работать при высоких температурах.

При получении предлагаемого нами термостабильного полиэтилена, ранее мы добились создания композитного модификатора путем взаимодействия оксида алюминия (Al_2O_3) и раствора силиката натрия, и с помощью этого модификатора был создан композитный материал из полиэтилена низкой плотности (PENP) марки 0220-F, также была исследована температурная стабильность этого композита. В данной работе была проведена модификация полиэтилена марки 0220-F оксидом алюминия и получен композит, обозначенный как AJD-PE-1, а также представлены результаты определения текучести этого композитного материала с помощью оборудования PTR и термогравиметрического анализа [10].

Целью исследования является определение динамики потери массы композиционного материала под воздействием температуры и оценка его термостойкости. Механизм реакции для получения силикатно-алюминного модификатора посредством взаимодействия раствора оксида алюминия (Al_2O_3) и силиката натрия (NA_2SiO_3) осуществлялся следующим образом:

$$Al_2O_3 + Na_2SiO_3 + H_2O \rightarrow Na–Al–Silicate\ Gel$$

В результате алюмосиликат натрия превращается в гель-модификатор алюмосиликата натрия, который затем окисляется специальными методами. В результате реакции гидролиза и поликонденсации силиката натрия в амальгаме с образованием ионов Al_3 и SIO образуется *Na–Al–silicate Gel*, который при нагревании до 300–500°C разлагается и приобретает фазовую структуру.

Научная основа процесса повторного модифицирования алюмосиликатным модификатором заключается в том, что в модификации полиэтилена марки 0220-F используется NA–Al-силикатный мо-

дификатор органо-неорганических гибридных композитов, и этот модификатор может вызывать следующие физико-химические эффекты:

1) силикатные наночастицы диффундируют в полиэтиленовую матрицу;

2) увеличивает количество α-кристаллов, влияя на процесс кристаллизации матрицы;

3) Повышает термопару и механическую прочность;

4) может усиливать физические эффекты структур Al_2O–Si с полиэтиленовой цепочкой;

5) модификатор может быть подвергнут воздействию химического связывания (Si–C, Si–O–C) на поверхности полиэтилена для получения взаимодействий.

В технологии процесса модифицирования полиэтилена алюмосиликатным модификатором использовались в основном простые методы, высушенный алюмосиликат измельчали и обрабатывали связующими для образования порошков нано/микро размеров, образуя химическую модификацию, и после этого можно было получать термостойкие полимерные материалы, смешанные с PE через экструдер (в концентрации 2–5 %). Полученные продукты позволяют повысить структурную прочность полиэтиленовой матрицы, повысить деформационные и газоотводящие свойства [3].

Результаты и обсуждения

При проведении исследований на оборудовании PTR была изучена текучесть полимерного композиционного материала (PKM) марки AJD-PE-1, модифицированного и сформированного оксидом алюминия марки PE 0220-F.

В ходе исследования было проведено сравнительное исследование ПКМ марки AJD-PE-1 с полиэтиленом марки 0220-F. Полученные результаты представлены в таблице 1, и у PKM марки 0220-F было 1,5-2,5 г/10 г при 2,5 кг, в то время как у модифицированного AJD-PE-1 было 2,14 г/10 минут.

Таким образом, получается, что модификаторы, используемые для повышения термостойкости полиэтилена, не вызывают резкого повышения текучести полиэтилена.

Таблица 1.

Анализ текучести полимерного композиционного материала из полиэтилена марки 0220-F и AJD-PE-1

№	Название вещества	Текучесть
1	PE F0220	(1,5-2,5)г/мин
2	AJD-PE-1	2,14 г/10 мин

Термогравиметрические анализы PE, обработанные модификаторами марки AJD-PE-1, проводились в диапазоне температур от 25°C до 600°C.

Скорость нагрева составляла 10°C/мин, и анализ проводили в инертной среде, а также анализировали процесс, измеряя потерю массы через каждые 50°C. Результаты исследования показали, что под воздействием температуры композитный материал теряет массу поэтапно. Основная потеря массы наблюдалась в диапазоне температур 400–500°C, что свидетельствует о полном разрушении полимерной матрицы (таблица 2).

Таблица 2.

Потеря массы модифицированного полиэтилена под воздействием температуры

Температура (°C)	Масса композита, (mg)	Потеря массы, (mg)	Процент потери массы, (%)
50	3.05	0.05	1.61
100	3.0	0.1	3.23
150	2.92	0.18	5.81
200	2.85	0.25	8.06
250	2.7	0.4	12.9
300	2.55	0.55	17.74
350	2.2	0.9	29.03
400	1.75	1.35	43.55
450	1.0	2.1	67.74
500	0.2	2.9	93.55
550	0.1	3.0	96.77
600	0.05	3.05	98.39

На рисунке 2 показана дериватограмма образца AJD-PE-1, состоящая из 2 кривых. На кривой дериватограммы (DTA) эндотермический эффект не наблюдался – были обнаружены два экзотермических эффекта при 122,16 ºC и 470,36ºC.

Анализ кривой термогравиметрии (TGA) показывает, что кривая TGA достигается в двух температурных диапазонах интенсивного разложения. Диапазон распада 1 произошел в диапазоне температур 12,14–323,33ºC – было обнаружено, что 0,059

мг, или 1,626 %, потеряли массу. Однако при распаде 2 в температурном диапазоне 3390 мг или 93,414 % потери массы произошло 323,33–601,68 ºC. 12,14–601,68ºC интервал общего массирования составляет 3,449 мг или 95,04 %, а время массирования составляет 81,12 мин.

Результаты изучения кривой термогравиметрического анализа и кривой дифференциального термического анализа приведены в таблице 2 ниже. Как видно из таблицы, наибольшая потеря массы происходит при втором промежуточном распаде, то есть в этом диапазоне передается 98,3 % массы. На основании результатов, полученных с помощью анализа DTA и tgα, были определены кинетические параметры для различных температурных диапазонов процесса [4].

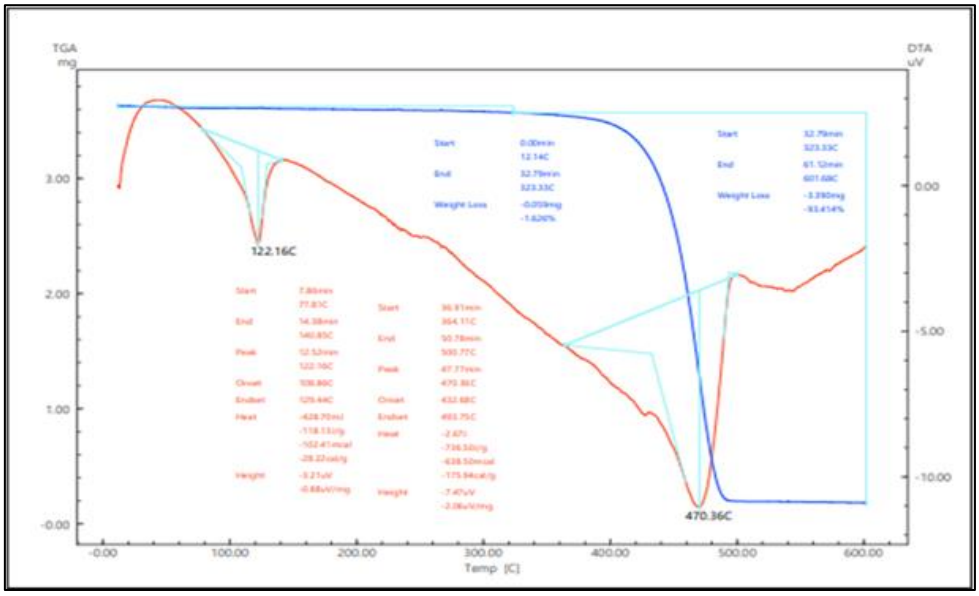


Рисунок 2. Модифицированный термогравиметрический анализ PE и дифференциальный термический анализ (ДТА)

Его преимущество заключалось в том, что при проведении ряда измерений и одного образца были рассчитаны кинетические свойства во всем температурном диапазоне реакций. Степень потери массы определялась методом графического дифференцирования кривой ТГА:

$$v_m = Dm/Dt$$

здесь Dm - потеря массы, мг; Dt – временной интервал

Термогравиметрический и дифференциально-термический анализ (ДТА) модифицированного полиэтилена показан на рисунке 2.

Подробный анализ кривой термогравиметрического анализа и кривой дифференциального термического анализа приведен в таблице 3 ниже. В этом исследовании TGA путем анализа было определено образование термического распада в размере 95,04 % от общей массы до температуры 601,68ºC.

Таблица 3.

Влияние температуры на потерю массы модифицированного полиэтилена

№	dw 3.62	1/T	dw/dt	m.г.	Минут	T, K
1	3.60	0.0026	0.0021	0.02	9.13	373
2	3.59	0.0021	0.0015	0.03	19.15	473
3	3.58	0.0017	0.0013	0.04	29.16	573
4	3.51	0.0014	0.0028	0.11	39.16	673
5	0.34	0.0012	0.0667	3.28	49.16	773
6	0.17	0.0011	0.0564	3.45	61.11	892

В данной таблице приведен анализ термического окисления модифицированного полиэтилена марки AJD-PE-1, основанный на показателях таблицы 4: dw -3,62: скорость потери массы (в граммах или относительном значении), $Ln(W_1/W_2)$: логарифмическое изменение скорости реакции, $1/T\times10^3$: обратное значение. температуры (K^{-1}). Дальнейший анализ показал, что значение Ln(w./w.) реакции, зависящее от кинетических свойств, увеличивается

с повышением температуры. Это указывает на то, что скорость реакции резко возрастает с повышением температуры, и процесс разложения активируется.

При начальных температурах (в диапазоне 285-476 К) значение Ln (W_1/W_2) было низким, и реакция протекала относительно медленно, например: $Ln(W_1/W_2) = 0{,}0056$ при $2{,}6\times10^{-3}$ K^{-1} (373 К). По мере повышения температуры (573-673 К) логарифмический показатель реакции значительно увеличивался, то есть скорость реакции, а также степень разложения увеличивались, из чего можно четко сделать вывод об энергетической потребности реакции, то есть о том, сколько энергии тратится на разложение молекулярной структуры. Следует также отметить, что композитный материал марки AJD-PE-1 более устойчив к высоким температурам, так как для его термического разложения требуется больше энергии.

Таблица 4.

Результаты термоокислительного анализа модифицированного полиэтилена

№	dw	$Ln(W_1/W_2)$	$1/T *10^{-3}$
1	3.60	0.0056	2.6
2	3.59	0.0083	2.1
3	3.58	0.0111	1.7
4	3.51	0.0308	1.4
5	0.34	2.3655	1.2
6	0.17	3.0597	1.1

Таким образом, на основе полученных экспериментальных данных о кинетике процессов в диапазоне от 285,14 до 874,68 К были изучены свойства термоокислительной деструкции образца марки AJD-PE-1 и сделан следующий вывод.

В этом исследовании были проанализированы данные термогравиметрического и дифференциального термоанализа образца, рассчитаны кинетические параметры и определены энергетические характеристики реакции.

С помощью ТГА-анализа был обнаружен двухэтапный процесс разложения образца: на первой стадии произошла потеря массы на 1,626 % в диапазоне от 12,14°C до 323,33°C, на которой, как была установлена вероятность физической адсорбции воды и выщелачивания летучих веществ.

Вторая фаза: в диапазоне температур от 323,33°c до 601,68°C потеря массы составила 93,414 %, и эта фаза является основным процессом терморазложения, при котором органическая часть вещества полностью разлагается и выделяются углекислые газы.

Дифференциальный термический анализ показал, что в процессе используются два различных эндотермических режима.

В результатах экспериментов обнаружено, что термоаналитический подход, который подходит для выделения адсорбированной влаги при начальной температуре 122,16°C, позволил проанализировать точку полного разложения органического скелета при температуре 470,86°C. GV в основном показал процесс небольшой потери массы (1,62 %) при промежуточной температуре 12–323°C и разложения, таким образом, анализ DTA выявил эндотермические эффекты при температурах от 122°C до 470°C.

По результатам анализа было установлено, что термостабильность модифицированного композита на основе полиэтилена составляет до 400°C. При температурах выше 450°C было зафиксировано разрушение полимерной матрицы и потеря до 98 % общей массы. Полученная информация будет важна для установления температурных ограничений при использовании продукта и его обработке.

Заключение

В результате исследований было установлено, что модификаторы с содержанием алюминия и кремния положительно влияют на термостабильность полиэтилена. Термогравиметрический анализ показал, что при добавлении модификатора к полиэтилену температура разложения повышалась, а процесс потери массы замедлялся. В качестве альтернативы было обнаружено, что количество модификатора на оптимальном уровне может позволить улучшить физико-химические свойства полимера.

Полученные результаты подтвердили, что присутствие оксидов алюминия и кремния в полиэтиленовой матрице способствует повышению термостабильности полимера, и, кроме того, было установлено, что увеличение количества модификатора положительно влияет на скорость потери массы и температуру распада полимера.

Результаты этой работы позволят улучшить эксплуатационные свойства материалов и продлить срок их службы.

Список литературы:

1. Рахманкулов А.А. Бинар тўлдирувчилар асосида термик барқарор полимер қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш // Техника фанлари доктори (DSc) илмий даражасини олиш учун ёзилган: диссертацияси. – Тошкент 2024. – 243 б.
2. Рахманкулов А.А. Влияние дисперсных наполнителей на структуру и теплопроводнст немодифицированного и модифицированного поливинилиденфторида : дис. … канд. физ.-мат. наук. – Киев, 1987. – 205 с.

3. Рўзиев Руфат Тошбоевич Акрил стирол сополимерлари асосида иссиқликдан ҳимояловчи қопламалар олиш технологиясини ишлаб чиқиш техника фанлари бўйича фалсафа фанлари доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун тайёрланган диссертация. – Тошкент 2024. – 127 б.
4. Хайдаров Т.З., Рахманкулов А.А., Каримов М.У., Джалилов А.Т Углерод наномодификаторлари билан модификацияланган полипропилен асосидаги композитларнинг юқори ва паст ҳароратлар таъсирига барқарорлигини дериватографик таҳлили // Узбекский Научно-технический и производственный журнал “Композицион материаллар”. – № 3. – Тошкент,2023. – С. 212–215.
5. Abdulhakeem Bello, Ridwan A. Ahmed, Richard. K. Koech, Kingsley Orisekeh, Dahiru M. Sanni, Moses Kigozi, Vitalis Anye, Oluwaseun K. Oyewole, Winston O. Soboyejo. The Mechanical Properties of Batteries and Supercapacitors // Ed.(s): M H Ferri Aliabadi, Winston O. Soboyejo. Comprehensive Structural Integrity (Second Edition). – Elsevier, 2023. Pp. 308–348. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822944-6.00050-5
6. Bhosale, Shailesh & Khare, Vrushti & Ghadge, Tanmay & Giri, Prashant. Plastic Waste Management Turning Challenges into Opportunities // Plastic Waste Management Turning Challenges into Opportunities. – Bharti Publications, 2022. – Pp. 107–114.
7. Kamaljit S. Boparai, Rupinder Singh. Electrochemical Energy Storage Using Batteries, Superconductors and Hybrid Technologies // Ed. (s): Saleem Hashmi, Imtiaz Ahmed Choudhury / Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials. –Elsevier, 2020. – Pp. 248–254, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11277-9
8. Paul A. Christensen, Paul A. Anderson, Gavin D.J. Harper, Simon M. Lambert, Wojciech Mrozik, Mohammad Ali Rajaeifar, Malcolm S. Wise, Oliver Heidrich. Risk management over the life cycle of lithium-ion batteries in electric vehicles // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 148. – 2021. – Pp. 111240, https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111240
9. Rakhmankulov A.A. Influence of the content of dispersed fillers of various nature in polyvinylidene fluoride on its structural parameters and thermal conductivity // E3S Web Conferences. – 2023. – Vol. 411. – Pp. 01022 DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341101022
10. Xaydarov T. Z. Mahalliy xomashyolar asosida uglerod nanotrubkalar olish texnologiyasini ishlab chiqish texnika fanlari bo‘yicha falsafa fanlari doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun tayyorlangan dissertatsiya. – Toshkent 2024. – 115 б.

Научный журнал

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 6(135)
Июнь 2025

Часть 6

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: *mail@7universum.com*
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1
16+