

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования.

«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

Институт архитектуры, строительства и энергетики
Кафедра «Химические технологии»

Реферат на тему:

«Стабилизаторы, предохраняющие полимер от ионизирующих излучений»

Уникальность работы - 75%

<https://www.antiplagiat.ru/>

Принял

Д.т.н. Профессор Чухланов В.Ю.

Выполнила

Студентка 3 курса группы ХТ-116

Шаравара А.М.

Владимир 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1.КЛАССИФИКАЦИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ.....	4
1.1. Антиоксиданты (Термостабилизаторы).....	6
1.2. Фотостабилизаторы.....	7
2.СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СТАБИЛИЗАТОРОВ.....	8
3.МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ.....	9
4.МЕТОДЫ ВВЕДЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ В ПОЛИМЕР.....	11
5. ПРИНЦИПЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРОВ В ЦЕЛЯХ ЗАЩИТЫ ИХ ОТ СТАРЕНИЯ.....	13
6.ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ.....	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	19

ВВЕДЕНИЕ

В общем смысле стабилизаторами называют органические и неорганические соединения, способные замедлять процессы, ухудшающие эксплуатационные показатели полимеров под действием внешних условий (тепло, свет, действие озона, радиация, механические нагрузки). Под влиянием этих факторов снижается эластичность, ухудшаются электроизоляционные и другие свойства. Эти явления, называемые в совокупности старением, приводят к необратимым изменениям свойств полимерных материалов и сокращают срок службы изделий из них. Стабильность полимера можно повысить лишь за счет внесения соответствующих изменений в его химическую структуру. Под действием света в полимерных материалах протекают первичные фотохимические и вторичные термические и фотохимические процессы, в результате которых происходит разрушение материала. Для уменьшения этого воздействия применяют светостабилизаторы или УФ-стабилизаторы (фотостабилизаторы). Это вещества, которые снижают скорость одной или нескольких стадий процесса. При их введении повышается стойкость полимера к внешним воздействиям, расширяются области применения изделий из полимеров и увеличиваются сроки их эксплуатации.[1]

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ

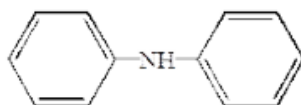
Системы для стабилизации полимеров в процессе переработки удобно классифицировать следующим образом:

- первичные стабилизаторы – антиоксиданты (фенолы с объемными заместителями или ароматические амины);
- вторичные стабилизаторы – воздействие на полимер сводится к удалению перекисных радикалов и разложению гидроперекисей при их образовании (соединения серы и фосфора – сульфиды, простые тиоэфиры, фосфиты и фосфонаты);
- хелатирующие агенты – дезактивация металлов, способствующих деструкции полимера за счет ускорения разложения гидроперекисей с образованием активных радикалов (органические производные фосфинов и фосфитов и азотсодержащие органические соединения, например, меламин);
- стабилизаторы для галогенсодержащих полимеров – препятствующие термоокислительной, термической деструкции и процессу дегидрогалогенирования (основные соли свинца, слабые основные мыла, карбоксилаты тяжелых металлов). [2]

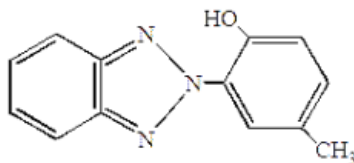
В основу химической классификации положен тип функциональных групп, играющих основную роль при ингибировании процессов деструкции полимеров. Химическая классификация удобна в области синтеза, изучения свойств, механизма действия и эффективности стабилизаторов, а также при изучении химии и технологии стабилизаторов.

По химическому строению стабилизаторы можно разделить на 7 основных классов:

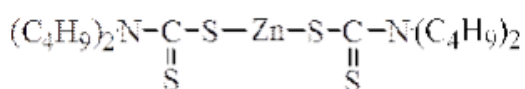
1) производные ароматических аминов характеризуются наличием в молекуле атома азота, связанного с ароматическим ядром, например, дифениламин



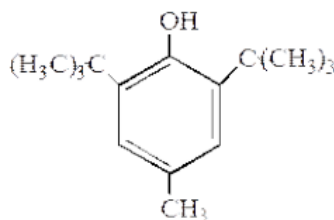
2) гетероциклические азотсодержащие соединения, например, 2-(2'-гидрокси-5'-метилфенилбензотриазол)



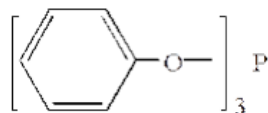
3) производные тиокарбамида и дитиокарбаминовой кислоты характеризуются наличием группировки $—C(=S)N<$ (например, дибутилдитиокарбаматцинка)



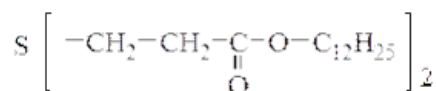
4) производные фенолов характеризуются наличием в молекуле одной или нескольких пространственно затрудненных гидроксильных групп (например, это одноядерные алкилированные фенолы, замещенные бисфенолы, многоядерные фенолы, окарбонилзамещенные фенолы), 2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол



5) фосфорсодержащие соединения, важнейшими из которых являются фосфиты, которые характеризуются наличием атомов фосфора, связанных с группировкой $—O—Ar$, например, трифенилфосфит



б) тио(диалкил)пропионаты характеризуются наличием атома серы, связанного с группировкой $—CH_2—CH_2—COOR$, например, тио(дилаурилпропионат) [3]



1.1. Антиоксиданты (Термостабилизаторы)

Как и все органические материалы, полимеры подвержены окислению. Это приводит к изменению вязкости, цвета, охрупчиванию изделий и ухудшению физикомеханических характеристик. Окисление происходит на каждой стадии существования полимерного материала – при его производстве и хранении, при переработке в изделия и последующем использовании. Окисление также называют деструкцией или старением. Обычно разделяют термомеханическую (в процессе переработки) и термоокислительную (эксплуатация изделия) деструкцию полимерного материала. Разные полимерные материалы обладают различной стойкостью к старению – например, полипропилен сильно подвержен деструкции даже при комнатной температуре, а полистирол и полиметилметакрилат (оргстекло) стабильны даже при температурах переработки. Изделия из чистого полимера используются чрезвычайно редко, а композиции содержат различные функциональные добавки, наполнители, пигменты и т.д., которые могут влиять на окислительные процессы в полимерной матрице.

Первичные антиоксиданты. К этому классу относятся замещённые фенолы, вторичные ароматические амины. Соединения этого типа представляют собой массивную, малоподвижную молекулу с подвижным, легко отщепляющимся атомом водорода, который реагирует со свободным радикалом. Фенольные антиоксиданты обладают рядом неоспоримых преимуществ – высокоэффективны, не летучи, разрешены к применению в контакте с пищевыми продуктами.

Вторичные антиоксиданты. Взаимодействуют с гидропероксидами и разрушают их без образования активных радикалов. Образующиеся продукты должны обладать очень низкой реакционной способностью и высокой термической стабильностью. Скорость взаимодействия вторичных антиоксидантов с гидроперекисями должна быть выше скорости термолитического разложения пероксидов.[4]

1.2. Фотостабилизаторы

Светостабилизаторами (фотостабилизаторами) служат вещества, способные поглощать ультрафиолетовый свет или тормозить фотоокислительную деструкцию, вызываемую одновременным действием света и кислорода. Для повышения устойчивости полимеров к фотохимической деструкции используют такие органические соединения, которые способны преобразовывать (трансформировать) поглощаемую ими световую энергию (УФ - адсорберы). При этом излучаемая такими соединениями световая энергия должна быть намного меньше, чем при поглощении, то есть уже безопасной для полимера. Такими фотостабилизаторами, заранее вводимыми в полимер, могут быть производные оксибензофенона (2-окси-4-октил-оксибензофенон), эфиры салициловой кислоты (применяемые для светостабилизации полиолефинов и ПВХ), пиперидина (2,2,6,6-тетраметил-4-оксипиперидин) и ряд других.

По механизму действия фотостабилизаторы делятся на три группы:

- поглотители УФ - излучения (абсорберы);
- "тушители" возбужденных состояний (квенчеры);
- ингибиторы радикально-цепных процессов фотоокисления.[5]

2. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СТАБИЛИЗАТОРОВ

Наряду с химической и технической классификациями в практике применения стабилизаторов сложилось их деление на группы по некоторым специфическим признакам:

- окрашивающие и неокрашивающие стабилизаторы. Ароматические амины и их производные относятся к группе окрашивающих стабилизаторов. Фенольные стабилизаторы практически не окрашивают полимерные материалы как при введении в них, так и после действия на них УФ-излучения. Фосфорсодержащие стабилизаторы типа фосфитов сами по себе не окрашивают полимер, но продукты их гидролиза – замещенные фенолы – могут в определенных условиях изменять окраску полимера. Среди оловоорганических соединений только серосодержащие могут вызвать легкое пожелтение поливинилхлоридных композиций. В некоторых случаях возникновение окраски может быть вызвано взаимодействием стабилизатора с другими компонентами полимерной композиции.[6]

1. токсичные и нетоксичные стабилизаторы. Ароматические амины, оловоорганические соединения, содержащие серу, все свинцовые соли относятся к токсичным соединениям. Гетероциклические соединения аминного типа, производные фенола, фосфиты относятся к малотоксичным веществам. Стеараты кальция и цинка разрешены для контакта с пищевыми продуктами;
2. летучие и нелетучие стабилизаторы. Способность к образованию водородных связей, обеспечивающая межмолекулярное взаимодействие, в известной степени определяет летучесть стабилизатора. Имеющиеся в молекуле фенола или амина заместители, экранирующие НО- или НН-группу, создают препятствия образованию водородных связей.

3. МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ

Стабилизация за счет ингибирования достигается по одному из двух механизмов:

- непосредственное вмешательство в реакцию разложения путем образования неактивных частиц и снижения концентраций активных, приводящее к уменьшению общей скорости процесса деструкции;
- удаление, дезактивация веществ, которые оказывают каталитическое действие на деструктивный процесс, или промотирование конкурирующих реакций.

В основе современных представлений о стабилизации полимеров и механизме действия стабилизаторов лежит теория цепных разветвленных и вырожденно-разветвленных реакций.

Термоокислительное воздействие:

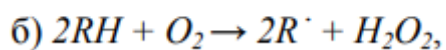
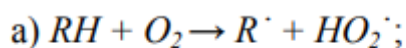
При эксплуатации большинство полимерных материалов находятся в контакте с O₂ воздуха, т.е. в окислительной среде. Реакции, протекающие при старении в естественных условиях, в большинстве случаев носят характер окислительной деструкции и представляют собой радикально-цепной окислительный процесс. Этот процесс активируется различными внешними воздействиями – тепловым, радиационным, химическим, механическим. [7]

Характерная особенность радикально-цепных окислительных процессов – возможность резкого замедления путем введения небольших количеств ингибиторов (стабилизаторов). Добавление стабилизаторов – наиболее эффективное средство защиты полимеров от старения. Стабилизаторы с высокой скоростью реагируют с пероксидными радикалами, обрывая цепной процесс окисления.

Механизм окисления углеводородов можно представить схемой:

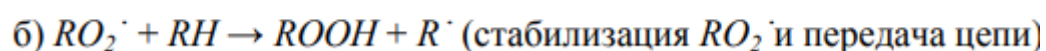
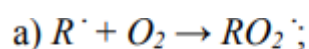
1. Образование активных центров или инициирование процесса: термическая активация, вплоть до разрыва связи C–C или раскрытия двойной связи, происходит, как это общепризнано, с участием и под влиянием кисло-

рода воздуха и заканчивается появлением свободных полимерных радикалов по схеме:



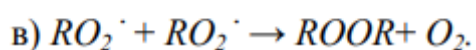
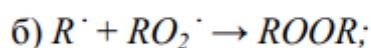
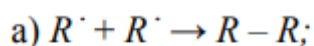
где RH – макромолекулы, содержащие RH-связи, ослабленные или имеющие повышенную активность, а также α -метиленовые группы $-\text{CH}_2-$, третичные атомы углерода и т.д. [8]

2. Рост цепи (развитие цепной реакции) в результате взаимодействия активных центров с молекулой полимера:



Перекисный радикал стабилизируется за счет отрыва атома Н от другой макромолекулы, появляется новый полимерный радикал, способный взаимодействовать с молекулой кислорода.

3. Обрыв цепи:



4. МЕТОДЫ ВВЕДЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ В ПОЛИМЕР

Количество стабилизатора, вводимое в полимеры для достижения необходимой стабильности, обычно составляет 0,05-0,5 %, в специальных случаях для получения изделий, работающих в сложных условиях, количество стабилизатора может возрасти до 1 -2 %.

Степень стабилизации полимеров зависит от типа полимера, способа полимеризации, условий переработки. Например, полистирол и сополимеры стирола с акрилонитрилом, α -метилстиролом или метилметакрилатом перерабатываются и применяются практически без введения стабилизаторов. При необходимости небольшое количество стабилизатора вводится на стадии смешения перед экструзией материала. Соплимеры стирола с полибутадиеном отличаются малой стабильностью и в зависимости от температуры получения и количества эластомера требуют введения антиоксиданта уже на стадии синтеза и дополнительного введения перед переработкой.[9]

Введение стабилизаторов после окончания полимеризации. Этот способ также обеспечивает равномерное распределение стабилизатора в полимере, но может применяться только для жидких полимеризующихся систем (эмульсионная или суспензионная полимеризация). В этом случае стабилизатор добавляют перед сушкой во время коагуляции (со)полимера в виде эмульсии или суспензии.[14]

Введение стабилизатора в порошковый полимер. Этот способ наиболее широко применяется для введения стабилизаторов. Порошковый или жидкий стабилизатор тщательно перемешивают с порошковым полимером в смесителе. Такой способ смешения не обеспечивает достаточно равномерного распределения стабилизатора. Дополнительная гомогенизация смеси осуществляется при последующем плавлении полимера во время грануляции. Распределение стабилизатора в полимере улучшается при использовании концентрата стабилизатора.[10]

Введение стабилизатора в расплав полимера. Этот способ применяется в непрерывных производствах. Стабилизатор вводят непрерывно в расплав полимера непосредственно в экструдер. Более производительно введение в нестабилизированный расплав полимера концентрата стабилизатора (маточная смесь, системная добавка).

Введение стабилизатора через концентрат. Применение концентратов стабилизаторов позволило получать стабилизированный продукт как в процессе производства полимера, так и в процессе его переработки в изделие.[11]

Дозирование концентрата и перемешивание его с полимером можно проводить периодически с использованием перемешивающих устройств обычного типа. Процесс можно проводить на холоде при малых энергозатратах. Можно также использовать автоматические дозаторы и перемешивающие устройства непрерывного действия. В зависимости от требований потребителя к композиции, концентрат имеет различный состав. В его рецептуру может входить только термостабилизатор или термо- и светостабилизатор; в некоторых случаях концентрат может содержать наполнитель (диоксид титана) и краситель.

Концентраты можно получать в двух выпускных формах: в виде порошка и гранул.

Процесс получения гранулированного концентрата требует затрат большого количества электроэнергии и дорогого оборудования. Однако концентрат в гранулах более равномерен по составу, легко транспортируется на далекие расстояния, более точно дозируется, может долго храниться без расслоения.

Обычно при малом выпуске полимера очень трудно точно дозировать многочисленные добавки или для этого требуется дорогая аппаратура. Для введения концентрата необходима одна дозирующая установка, или его можно добавлять порциями вручную.[12]

5. ПРИНЦИПЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРОВ В ЦЕЛЯХ ЗАЩИТЫ ИХ ОТ СТАРЕНИЯ

Старение полимеров представляет сумму физико-химических изменений их исходной структуры, под воздействием химических реакций, протекающих под действием тепла, света, радиационных излучений, механических напряжений, кислорода, озона, кислот, щелочей. Эти реакции приводят к деструкции полимерных цепей или их нежелательному, неконтролируемому сшиванию, в результате чего полимеры становятся липкими и мягкими (деструкция) или хрупкими и жесткими (сшивание), а главное - менее прочными. В реальных условиях эксплуатации полимерных изделий на них действует одновременно несколько из перечисленных факторов. Например, солнечный свет, кислород воздуха, озон. Для стран с жарким климатом на это накладывается еще повышенная температура, влажность. При работе многие полимерные изделия разогреваются (например, при многократных деформациях эластомеров) или используются для работы в условиях повышенных температур, в результате чего интенсивно развиваются термическое и термоокислительное старение полимеров.[13]

Таким образом, проблема защиты полимеров от старения является комплексной и должна учитывать все эти факторы. Уже из краткого рассмотрения видов деструктирующих воздействий на полимеры можно заключить, что главными из них являются термическая и термоокислительная деструкции, усиливающиеся при одновременном действии света. Эти процессы протекают главным образом по механизму цепных радикальных реакций. Следовательно, меры защиты должны быть в первую очередь направлены на подавление этих реакций в полимерах. Из рассмотрения химических свойств и реакций полимеров мы знаем, что благодаря высокомолекулярной природе полимеров очень малые количества низкомолекулярных химических реагентов способны вызывать существенные изменения физических и механических свойств полимеров. Это в полной мере относится и к кислороду как

наиболее распространенному химическому агенту, в контакте с которым работают полимерные изделия. Следовательно, для защиты полимеров от этих вредных воздействий или для стабилизации полимеров и изделий из них во времени можно использовать малые добавки низкомолекулярных веществ, которые будут прерывать развитие цепных реакций, например окисления. Такие вещества, как мы знаем, называются ингибиторами цепных реакций. Следовательно, проблема стабилизации полимеров - это главным образом проблема поиска эффективных ингибиторов, или стабилизаторов, которые, будучи добавлены в полимер в очень малых количествах, не давали бы возможности развиваться нежелательному цепному процессу деструкции макромолекул.

Рассмотрим основные пути стабилизации полимеров и определим круг веществ, которые выполняют функцию стабилизаторов. Поскольку стабилизация связана, главным образом, с защитой полимера от действия кислорода, тепловых и световых воздействий, то эти стабилизаторы часто называют противостарителями; они служат и как антиоксиданты, т. е. вещества, препятствующие развитию цепи окислительных реакций в полимерах.

Эффективную защиту от термоокислительного старения обеспечивает применение пары антиоксидантов, действующий по разным механизмам, взаимоусиленный стабилизирующий эффект смесью двух антиоксидантов называют синергизмом. Для защиты полимеров от светового старения применяют светостабилизаторы, действие которых основано как на поглощении солнечного света (УФ-абсорберы), так и на торможении реакций деструкции. Защитить от старения полимер можно также путем изменения его физической структуры. Для этого полимер подвергают специальной механической или термической обработке или вводят в него добавки - структурообразователи. [14]

5. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Ионизирующие излучения (ИИ) — потоки элементарных частиц (электронов, позитронов, протонов, нейтронов) и квантов электромагнитной энергии, прохождение которых через вещество приводит к ионизации (образованию разнополярных ионов) и возбуждению его атомов и молекул.

ИИ попадают на Землю в виде космических лучей, возникают в результате радиоактивного распада атомных ядер (α β -частицы, γ - и рентгеновские лучи), создаются искусственно на ускорителях заряженных частиц. Практический интерес представляют наиболее часто встречающиеся виды ИИ – потоки α - и β -частиц, γ -излучение, рентгеновские лучи и потоки нейтронов.[15]

Альфа-излучение (α) – поток положительно заряженных частиц – ядер гелия. В настоящее время известно более 120 искусственных и естественных альфа-радиоактивных ядер, которые, испуская α -частицу, теряют 2 протона и 2 нейтрона. Скорость частиц при распаде составляет 20 тыс. км/с. При этом α -частицы обладают наименьшей проникающей способностью, длина их пробега (расстояние от источника до поглощения) в теле равна 0,05 мм, в воздухе – 8–10 см. Они не могут пройти даже через лист бумаги, но плотность ионизации на единицу величины пробега очень велика (на 1 см до десятка тысяч пар), поэтому эти частицы обладают наибольшей ионизирующей способностью и опасны внутри организма.

Бета-излучение (β) – поток отрицательно заряженных частиц. В настоящее время известно около 900 бета-радиоактивных изотопов. Масса β -частиц в несколько десятков тысяч раз меньше α -частиц, но они обладают бóльшей проникающей способностью. Их скорость равна 200–300 тыс. км/с. Длина пробега потока от источника в воздухе составляет 1800 см, в тканях человека – 2,5 см. β -частицы полностью задерживаются твердыми материалами (алюминиевой пластиной в 3,5 мм, органическим стеклом); их ионизирующая способность в 1000 раз меньше, чем у α -частиц.[16]

Гамма-излучение (γ) – электромагнитное излучение с длиной волны от $1 \cdot 10^{-7}$ м до $1 \cdot 10^{-14}$ м; испускается при торможении быстрых электронов в веществе. Оно возникает при распаде большинства радиоактивных веществ и обладает большой проникающей способностью; распространяется со скоростью света. В электрических и магнитных полях γ -лучи не отклоняются. Это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем α - и β -излучение, так как плотность ионизации на единицу длины очень низкая.[17]

Рентгеновское излучение может быть получено в специальных рентгеновских трубках, в электронных ускорителях, при торможении быстрых электронов в веществе и при переходе электронов с внешних электронных оболочек атома на внутренние, когда создаются ионы. Рентгеновские лучи, как и γ -излучение, обладают малой ионизирующей способностью, но большой глубиной проникновения.[18]

Нейтроны — элементарные частицы атомного ядра, их масса в 4 раза меньше массы α -частиц. Время их жизни – около 16 мин. Нейтроны не имеют электрического заряда. Длина пробега медленных нейтронов в воздухе составляет около 15 м, в биологической среде – 3 см; для быстрых нейтронов – соответственно 120 м и 10 см. Последние обладают высокой проникающей способностью и представляют наибольшую опасность.

Выделяют два вида ионизирующих излучений:

- корпускулярное, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля (α -, β - и нейтронное излучения);
- электромагнитное (γ - и рентгеновское излучение) – с очень малой длиной волны.[19]

Результаты воздействия ионизирующих излучений на высокомолекулярные соединения находятся в прямой зависимости от характера химических связей в молекулах этих веществ. Для полимеров характерно наличие большего числа связей, разрыв которых под действием ионизирующих излучений при достаточно длительном облучении полностью преобразует вещество. Изменение свойств полимеров при воздействии на них излучения высо-

кой энергии обусловлены следующими основными радиационно-химическими процессами:

- Ø укрупнением макромолекул из-за возникновения поперечных химических связей между линейными макромолекулами — так называемое поперечное «сшивание»;
- Ø распадом, деструкцией макромолекул, с образованием летучих продуктов и макромолекул меньшей длины, вплоть до превращения полимеров в вязкие жидкости;
- Ø изменением числа и характера двойных связей;
- Ø окислением при наличии доступа кислорода;
- Ø другими реакциями, инициируемыми излучением при соответствующих условиях.

У многих полимеров наблюдается одновременное протекание всех перечисленных выше процессов. Исследования показали, что полимеры, содержащие хотя бы один атом водорода на каждый атом углерода главной цепи, под действием излучения преимущественно «сшиваются»; полимеры же, содержащие в главной цепи атомы углерода, не связанные с атомами водорода, в основном деструктируются.[20]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, главная задача стабилизации полимеров заключается в изыскании эффективных ингибиторов (стабилизаторов), предотвращающих эти реакции. Возможности термической стабилизации полимеров ограничены, так как в температурном интервале 250–300 °С распадаются не только полимеры, но и стабилизаторы. В этом отношении исключением является поливинилхлорид. Из-за чрезмерно малой термической стойкости и окрашивания на самой ранней стадии распада переработка и эксплуатация этого полимера без стабилизатора невозможна. Невозможно не сказать, что самым эффективным способом, благодаря которому замедляется старение полимеров, считается добавка в полимерные материалы стабилизаторов. Еще один способ замедлить процесс старения полимера – изменить его физическую структуру. Применение такого способа подразумевает особую обработку полимерного материала – механическую или термическую. В отдельных случаях (в зависимости от вида и типа материала) в полимер вводят специальные добавки, изменяющие его химическую структуру – структурообразователи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита полимеров от ионизирующих излучений [Электронный ресурс]<https://studfiles.net/preview/2181076/page:21/> (дата обращения 10.03.2019)
2. Стабилизация полимеров [Электронный ресурс] <https://www.rapidly.ru/stabilizatsiya-polimerov.html> (дата обращения 10.03.2019)
3. Действие ионизирующих излучений на полимер [Электронный ресурс] https://studbooks.net/1861545/tovarovedenie/deystvie_ioniziruyuschih_izlucheniya_polimer (дата обращения 10.03.2019)
4. УФ-стабилизаторы - необходимая добавка в полимерные материалы [Электронный ресурс] <https://www.lkmportal.com/articles/uf-stabilizatory-neobhodimaya-dobavka-v-polimernye-materialy> (дата обращения 10.03.2019)
5. Смирнова А.И., Жук Н.А. Функциональные материалы в производстве пластмасс: Стабилизаторы: учебное пособие/ВШТЭСПБГУПТД. – СПб., 2016. – 48 с
6. Платэ Н.А., Литманович А.Д., Кудрявцев Я.В. Макромолекулярные реакции в расплавах и смесях полимеров: Теория и эксперимент. –М.: Наука, 2008. –380 с.
7. Куренков В.Ф. Химия и физика высокомолекулярных соединений: учеб. пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – Казань: Инновационноиздательский дом «Бутлеровское наследие», 2009. –292 с.
8. Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантиа (ред.) - СПб: Профессия, 2007. - 400 с.
9. Грасси Н., Скотт Дж. Деструкция и стабилизация полимеров. –М.: Мир, 1988. –246 с
10. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров.–М.: КолосС, 2007. –367 с.

11. Технология полимерных материалов: учеб. пособие/ А.Ф.Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др. – СПб.: Профессия, 2008.–544 с.
12. Гурвич Я.А., Кумок С.Т. Химия и технология промежуточных продуктов, органических красителей и химикатов для полимерных материалов: учеб. пособие для сред. проф.— техн. училищ — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1974. — 327 с
13. Цвайфель Х., Маер Р.Д., Шиллер М. Добавки к полимерам: справочник СПб.: Профессия, 2010. – 1144 с.
14. Стабилизаторы: разновидности, свойства, применение [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://junker-mk.com/articles/p-684.html>- (дата обращения 10.03.2019)
15. Типы стабилизаторов в полимере [Электронный ресурс] http://yaneuch.ru/cat_35/typy-stabilizatorov-v-polimere/66164.1425111.page1.html(дата обращения 10.03.2019)
16. Принципы стабилизации полимеров в целях защиты их от старения [Электронный ресурс] (дата обращения 10.03.2019)
17. Стабилизаторы и ингибиторы [Электронный ресурс] <https://www.himhelp.ru/section30/section124enciklopedia/651.html> (дата обращения 10.03.2019)
18. Исследования в области измерений ионизирующих излучений. Под редакцией М.Ф. Юдина, Ленинград, 1985.
19. Химия высокомолекулярных соединений [Электронный ресурс] <https://ronl.org/referaty/ostalnye-referaty/816119/> (дата обращения 10.03.2019)
20. Стабилизация полимеров [Электронный ресурс] <https://helpiks.org/3-89265.html> (дата обращения 10.03.2019)