

1.Тесленко О.О., Михайлюк О.П., Олейник В.В. Досвід застосування імітаційного моделювання до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки // 36. наук. пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.7. – Харків: УЦЗУ, 2008. – С.139-140.

2.Тесленко А.А., Михайлюк А.П., Олейник В.В. К вопросу использования имитационного моделирования при прогнозировании последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах // 36. наук. пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.8. – Харків: УЦЗУ, 2008. – С.194-198.

3.Нормативи порогових масс небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. Затв. Постановою Кабінету Міністрів України №956 від 11.07.02р.

4.Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті (Наказ МНС, Мінагрополітики, Мінекономіки, Міністерства екології та природних ресурсів №73/82/64/122 від 27.03.01р. – К., 2001. – 33 с.

5.Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. РД 52.04.253-90. – М.: Госгидромет СССР, 1991. – 23 с.

*Получено 23.11.2009*

УДК 621.869

Ф.С.БАЛЕВ, С.Е.СЕЛИВАНОВ, д-р техн. наук

*Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина*

## **ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КИНЕТИКУ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПОЛИМЕРОВ**

Рассматривается физическая модификация полимеров лазерным излучением с целью снижения их горючести, приводятся экспериментальные методы исследования и анализ УФ- и ИК-спектров пленочных эпоксидных композиций.

Розглядається фізична модифікація полімерів лазерним випромінюванням з метою зниження їхньої горючості, наводяться експериментальні методи дослідження й аналіз УФ- та ІЧ-спектрів плівкових епоксидних композицій.

Physical modification of polymers is examined by a laser radiation with the purpose of decline of their combustibility, experimental methods over of research and analysis of UF- and IK- of spectrums of pellicle compositions are brought.

*Ключевые слова:* лучевая модификация, снижение горючести, лазерное излучение.

Во всем мире уделяется большое внимание повышению пожарной безопасности материалов. Для её обеспечения помимо активных средств предупреждения и защиты от развития очага пожара, в конструкции должна использоваться пассивная защита, затрудняющая возникновение и предотвращающая развитие очага пожара, т.е. должны применяться материалы, имеющие низкую пожарную опасность. К традиционным способам снижения горючести полимерных материалов (ПМ) можно отнести: введение замедлителей горения и их смесей, введение негорючих наполнителей, синтез негорючих полимеров, на-

несение огнезащитных покрытий, химическая модификация, физическая модификация поверхности [1].

К наиболее перспективному направлению снижения горючести ПМ относится физическая модификация поверхности существующих многофункциональных ПМ на примере облучения лазерным излучением, за счет которого происходит агрегация (сшивка) макромолекул.

Вопросами взаимодействия лазерного излучения с ПМ занимались многие исследователи [1-3]. Особую роль в этих исследованиях играет модификация ПМ УФ лазерным источником, импульсным воздействием лазерного излучения и др.

Установлено, что в основе лазерных процессов лежат физические и химические превращения полимеров. За счет источника энергии – лазера – материал подвергается воздействию электромагнитного излучения, энергия которого поглощается полимером и превращается в тепло, которое вызывает нагрев материала, тем самым возможно направленное изменение структуры приповерхностных слоев.

При падении лазерного излучения на материал эффективность использования энергии лазерного пучка зависит от свойств поверхности материала, в частности от коэффициента отражения. Коэффициент отражения определяется оптическими характеристиками материала и состоянием поверхности. На практике часто пользуются термином «коэффициент поглощения», который характеризует поглощение материалом излучения с определенной длиной волны. Коэффициент поглощения полимеров для ИК-излучения (5-15 мкм) лежит в пределах 0,98-0,86.

При действии ИК лазерного излучения ( $\text{CO}_2$ -лазеры) на полимеры и композиты происходит поверхностное поглощение энергии, глубина слоя составляет от долей до десятков микрометров и зависит от состава полимера и композита. Время релаксации лазерной энергии в тепло в полимерных материалах составляет 10-12 с, что является высокоинтенсивным источником нагрева [3].

Целью данной статьи является исследование влияния лазерного излучения на кинетику физических и химических превращений полимеров, на примере эпоксидных композиций, с использованием  $\text{CO}_2$ -лазера ИК-диапазона при непрерывном воздействии.

Исследование влияния лазерного излучения на кинетику физических и химических превращений пленочных и пластинчатых образцов (толщиной до  $10 \cdot 10^{-3}$  м) эпоксидных композиций выполнялось на экспериментальной установке (рис.1) с помощью непрерывного  $\text{CO}_2$ -лазера 1 типа ИЛГН-709 (длина излучения  $10,6 \cdot 10^{-6}$  м), выходной мощностью излучения до 100 Вт, аттенюатора 2, блока регулировки плот-

ности мощности 3, измерителя средней мощности излучения 4 (в диапазоне от 1 до 100 Вт) типа РСИСИ “Титан”, зеркала 5 и образца 6.

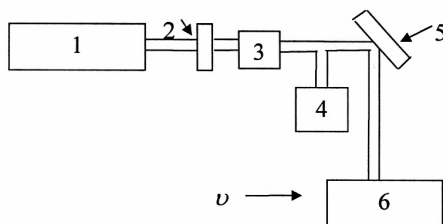


Рис.1 – Упрощенная схема экспериментальной установки

Луч от лазера направлен на “качающееся” зеркало. Отраженное лазерное излучение от “качающегося” зеркала попадает на образец пластины (пленки) из исследуемого ПМ, закрепленный в специальном держателе, с необходимой скоростью сканирования. Держатель с пластиной (пленкой) перемещается в горизонтальном направлении со скоростью  $v$ . Температура на поверхности пластины измеряется с помощью передвижной вольфрамиевой термопары.

На рис.2 приведена иллюстративная технологическая схема, позволяющая облучать лазерным излучением движущуюся полимерную пленку.

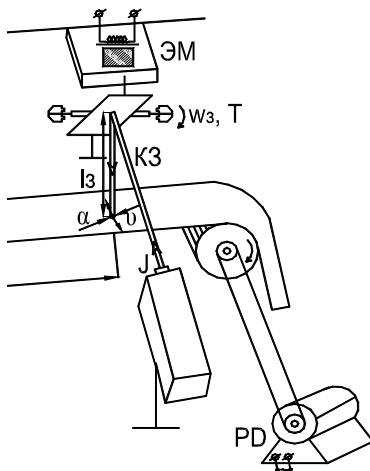


Рис.2 – Иллюстративная технологическая схема лазерной модификации полимерной пленки

Говоря о лазерной обработке поверхности ПМ, отметим, что мощность лазерного облучения во всех экспериментах была такова, что исключалась опасность воспламенения материала.

Применяя лазер как источник теплового потока и учитывая физическую природу лазерного излучения, можно путем фоновой теплопроводности или за счет энерговыделения при объемном поглощении электромагнитного излучения получить формирование прогретого слоя в объеме материала. Геометрические размеры этого слоя определяются только теплофизическими свойствами исследуемого полимерного материала.

Следует отметить, что у ПМ механизм поглощения электромагнитного излучения (электронный или молекулярный), а следовательно, и тип теплового источника (поверхностный или объемный) однозначно определяется длиной волны.

Отличительной чертой лучистого теплообмена является то, что температура, развиваемая в зоне воздействия на начальных стадиях облучения, определяется абляционными свойствами исходного материала и имеет порядок температуры термостойкости. В зависимости от склонности полимерного материала к коксообразованию каналы газозащитного воспламенения будут различаться.

Для анализа пленочных образцов эпоксидной композиции (ЭД-20 + МФДА) до и после облучения лазерным излучением применен метод УФ-спектроскопии, который позволил получить характеристические линии поглощения в исследуемой области УФ-спектра.

Анализ УФ-спектров пленочных образцов эпоксидной композиции (ЭД-20 + МФДА) показал, что при лазерном воздействии на ПМ увеличивается поглощение, которое далее растет по интенсивности, а затем переходит в бесструктурный спектр поглощения. Это свидетельствует об интенсивном, по мере роста плотности мощности воздействующего потока, образовании хиноидных структур, проявляющих себя как хромофоры. Спектр поглощения хромофора определяется в первую очередь химической структурой полимера. Хромофоры – это функциональные группы, которые поглощают электромагнитное излучение независимо от того, возникает при этом окраска или нет. В данном случае карбонильная группа  $C=O$  является хромофором, поглощающим в области 280 нм.

Последующая агломерация хиноидных структур, приводящая к образованию сопряженных фрагментов полимерной матрицы, усиливает процессы коксообразования.

ИК-спектральный анализ (проводился на приборе ИК-20) в диапазоне  $400-5000\text{ см}^{-1}$  показал, что в спектре исходного полимера наблю-

дались полосы поглощения следующих функциональных групп: валентный тип колебаний – OH, C=O, C–O–, бензольного кольца; деформационный тип колебаний – замещенного бензольного кольца. Для кокса характерны сигналы тех же функциональных групп, однако сигнал, относящийся к группе C=O, несколько уменьшается, а бензольного кольца увеличивается. В обоих случаях наиболее интенсивный сигнал группы C=O, т.е. для кокса характерны фрагменты исходной композиции. Следует отметить, что состав кокса практически не изменялся в реализованном интервале значений плотности мощности.

Сопоставление ИК-спектров пленочных образцов в диапазоне 800-1000 см<sup>-1</sup>, подвергнутых лазерной обработке, показало, что при высоких плотностях мощности практически отсутствуют непрореагировавшие эпоксидные группы.

Таким образом, исследования, выполненные на пленочных образцах, показали, что поверхностная обработка лазерным излучением способствует возникновению зародышей коксообразования (хиноидных структур) и приводит к практическому исчезновению не прореагировавших эпоксидных групп. Образовавшийся кокс оказывает тормозящее действие на газификацию ПМ, образованного воздействием лазерного излучения, уменьшает поток горючих газов к пламени и тем самым снижает горючесть ПМ, следовательно, таким полимерам легче придать свойства негорючести с использованием различных добавок.

1. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. – М.: Наука, 1981. – 280 с.

2. Богатырева Н.А., Тимошкин А.М., Бычков С.Г. Влияние модификации поверхности полимера на его огнестойкость // Тез. докл. обл. науч.-техн. семинара “Применение лазеров в науке и технике”. – Тольятти, 1989. – С.11-12.

3. Богатырева Н.А., Тимошкин А. М., Бычков С.Г., Ксандопуло Г.И. Оптимизация условий лазерной обработки эпоксидного полимера с целью снижения его горючести // Материалы I Междунар. конф. по полимерным материалам пониженной горючести. – Алма-Ата, 1990. – С.200.

*Получено 27.11.2009*

УДК 614.8.084

Б.М.КОРЖИК, канд. техн. наук,

С.Л.ДМИТРИСВ, Ю.В.КОВАЛЬ, А.С.ПОПОВА

*Харківська національна академія міського господарства*

## **ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ ТА РИЗИКУ В СИСТЕМІ**

### **«ЛЮДИНА – МАШИНА – СЕРЕДОВИЩЕ»**

Розглядаються питання безпеки в системі “людина – машина – середовище” залежно від ступеню ризику виробничого процесу.