

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический  
университет им.И.И.Ползунова

## **НАУКА И МОЛОДЕЖЬ**

2-я Всероссийская научно-техническая конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых

**СЕКЦИЯ**

**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Барнаул – 2005

ББК 784.584(2 Рос 537)638.1

2-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь". Секция «Новые материалы и технологии». / Алт.гос.техн.ун-т им.И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2005. – 34 с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившей в апреле 2005 г.

Ответственный редактор к.ф.–м.н., доцент Н.В.Бразовская

© Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова

## СЕКЦИЯ "НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ"

### ДЕТЕКТОР ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИЕМНИКА МГ-30

Бледнов В.А., Калачев А.В., Гуляев П.Ю.

В настоящее время основным средством регистрации излучения дальнего ИК-диапазона ( $\lambda=8\ldots 14$  мкм) являются полупроводниковые приемники, основанные на генерации светом носителей заряда по механизму "зона-зона". Поэтому использованные в этих целях материалы являются узкозонными. Малая ширина запрещенной зоны обуславливает ряд недостатков этих приемников: высокий уровень шумов, вызывающий необходимость их глубокого охлаждения, трудность в организации режима накопления, низкие воспроизводимость и надежность, низкая стойкость к радиации и воздействию внешней среды.

Перспективны для устранения указанных недостатков широкозонные пироэлектрические приемники ИК-излучения (ППИ) [1, 2].

На рис.1 представлены внешний вид пироэлектрического фотоприемника МГ-30 и его спектральная характеристика.

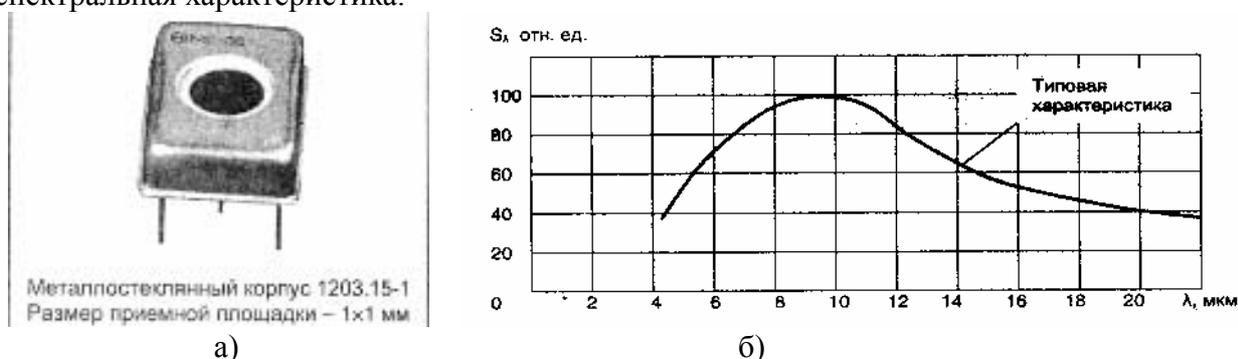


Рис. 1. Внешний вид фотоприемника МГ-30 а) и его спектральная характеристика б).

Фотоприемник смонтирован в корпусе, имеющем стабилизированный блок питания, механический модулятор оптического потока с управляемой частотой модуляции, диафрагму для регулировки поля зрения и устранения влияния рассеянного излучения см. рис.2а. На рис.2б - выходной сигнал датчика при постоянной мощности источника и частоте модуляции потока излучения.

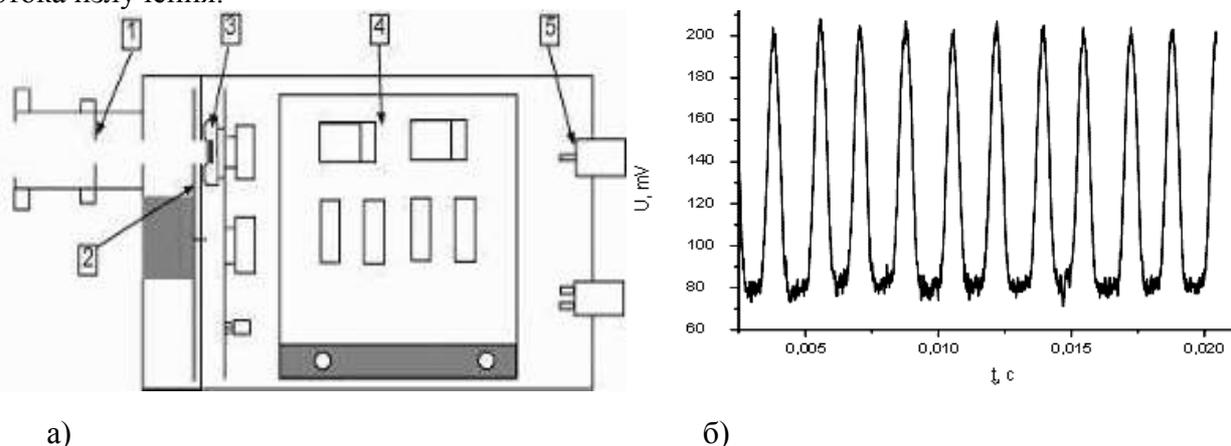


Рис. 2. Конструкция пирометра с ППИ и выходной сигнал датчика

1- диафрагма; 2- диск-модулятор; 3- плата фотоприемника; 4- блока питания модулятора и стабилизаторы питания фотоприемника; 5- разъемы снятия сигнала и питания устройства

Чувствительность ППИ и ФПУ на их основе, как правило, зависит от частоты, как  $1/f$ . Для МГ-30 это также справедливо, кроме этого, в данном приборе при помощи емкости обратной связи возможна регулировка чувствительности – при увеличении емкости чувстви-

тельность увеличивается, но при этом ухудшаются частотные характеристики (рис.3а). Зависимость амплитуды выходного сигнала от плотности потока теплового излучения представлена на рис.3б.

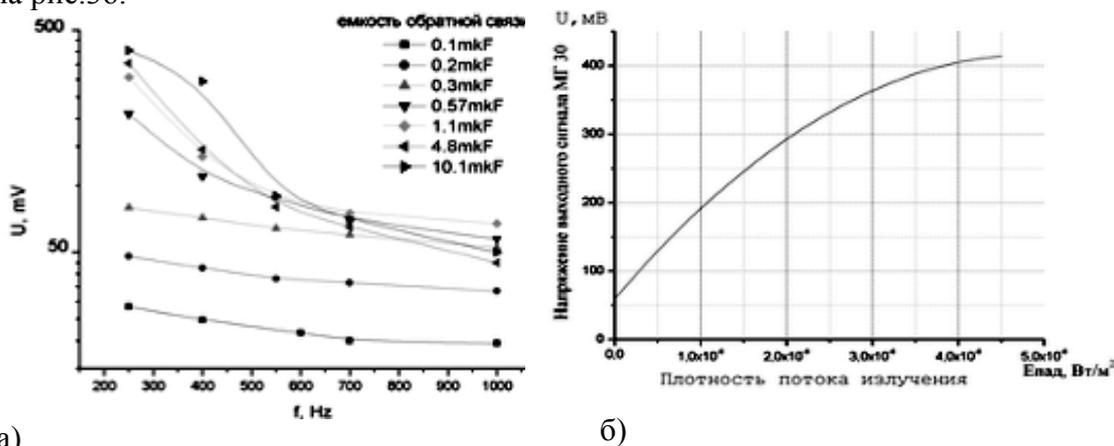


Рис. 3. Частотные характеристики МГ-30 при различной емкости обратной связи.– (а) и зависимость выходного сигнала от плотности потока теплового излучения

Типичный шумовой сигнал при отсутствии оптического сигнала (при отсутствии модуляции потока) приведен на рис.4а. На рис.4б – спектр шумового сигнала.

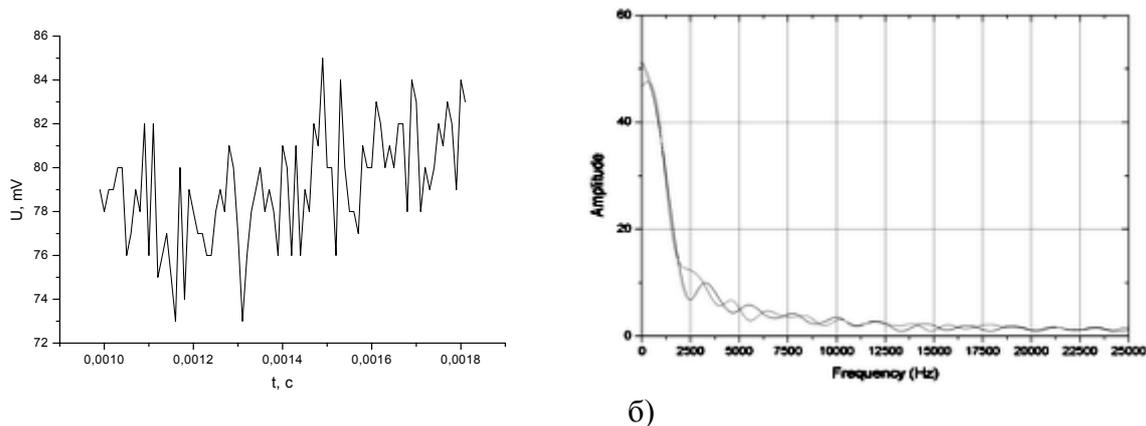


Рис. 4. Шумовой сигнал (а) и его спектральная плотность (б) МГ-30.

Как видно из графика (рис.4б), основной шум датчика – т.н. розовый шум или шум  $1/f$ , и на более высоких частотах примерно от 10-12 кГц – джонсоновский (тепловой) шум. Преобладание токовых шумов связано, по-видимому с тем, что чувствительный элемент датчика – пленочный. Так напряжение токовых шумов  $U_i$  может быть оценено из соотношения [1]:  $U_i = k_2 i^2 / ab$ , где  $k_2$ - постоянная, зависящая от материала чувствительного слоя, пропорциональная примерно  $1/f$ ,  $l$  – длина чувствительного слоя,  $a$  – толщина слоя,  $b$  – ширина, отсюда – чем тоньше слой – тем больше шумовое напряжение.

#### Литература

1. Косоротов В.Ф., Самойлов В.Б., Щедрина Л.В. Пироэлектрический эффект и его применение. / Под ред. Л.С.Кременчугского. – Киев: Ин-т физики, 1989. – 223с.
2. Козелкин В.В. Основы инфракрасной техники. – М.: “Машиностроение”, 1974. – 336с.

## СТИМУЛИРОВАНИЕ НИЗКОЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ГОРЕНИЯ СВС ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Аспиранты: Зацепин К.В., Лапшин К.В. – г.Барнаул, АлтГТУ  
Научный руководитель: Гуляев П.Ю.– д.т.н., профессор

Часто в реагирующую смесь дисперсных материалов добавляется примесь инерта. Но, при увеличении его процентного содержания, автоволновая реакция смеси становится все более нестабильной и, в конечном счете, затухает, не успев прореагировать во всем реакционном объеме. Таким образом, для получения целевого продукта необходимо каким-либо образом стимулировать нестабильную автоволновую реакцию.

Наличие у дисперсной среды Ni+Al конечной проводимости позволяет инициировать реакцию СВС помимо локального нагревателя также и джоулевым теплом. Но, воздействуя на электропроводящий дисперсный образец электрическим током, может возникнуть опасность генерации электротеплового взрыва, который приведет к нежелательной деформации структуры прореагировавшего образца.

В результате проведения исследований электрофизических характеристик дисперсной среды типа Ni+Al был разработан контролируемый метод послойной стимуляции электрическим током слабоэкзотермической волны горения смеси порошков Ni и Al с 40 масс.% (и более) содержанием инертных добавок. Экспериментальный стенд послойной стимуляции приведен на рис.1.

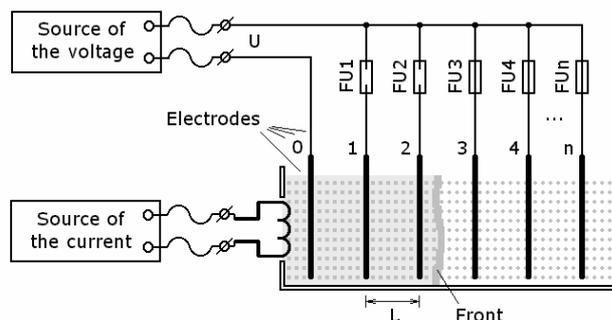


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментального стенда

В непроводящую термостойкую емкость засыпается шихта Ni+Al с инертными примесями. В шихте находятся на расстоянии L друг от друга тонкие электроды. В качестве электродов может выступать любая периодическая структура. К каждому электроду подсоединены предохранители FUn рассчитанные на ток срабатывания  $I_{lim}$ . Предохранители и нулевой электрод подсоединены к источнику напряжения величиной U. Источник тока используется для питания локального источника тепла – спирали, контактирующей с шихтой. Шихта имеет конечное удельное сопротивление  $\rho$ .

Нагретая до высокой температуры спираль инициирует реакцию СВС. Пройдя нулевой электрод, фронт горения образует движущийся в пространстве смеси электрод, поскольку спеченая шихта, как показано в рамках исследований, имеет малое удельное сопротивление по сравнению с удельным сопротивлением дисперсной среды. Поскольку смесь имеет проводимость, то ток, протекающий через движущийся и первый электрод, вызывает выделение в смеси джоулево тепло, которое компенсирует пониженный тепловой эффект системы шихта+инерт. Для предотвращения неуправляемого электротеплового взрыва предусмотрен предохранитель, срабатывающий при токе  $I_{lim}$  на некотором расстоянии от первого электрода. Нужно отметить, что в качестве предохранителей можно использовать электронные предохранительные схемы, либо резисторы номиналом порядка сопротивления спеченной смеси. Реакция СВС последовательно стимулируется каждым звеном электродов.

Величина  $I_{lim}$  вычисляется по формуле, которая получена из теплового уравнения:

$$I_{lim} = I_0 e^{\frac{P_{add}}{P_0}}, \quad \text{где } I_{lim} \text{ - ток срабатывания предохранителей,} \quad I_0 = \frac{US}{\rho L} \text{ - начальный ток, } U \text{ -}$$

напряжение источника,  $S$  – поперечная площадь сечения ёмкости,  $\rho$  - удельное сопротивление смеси,  $L$  – период электродов,  $P_{add}$  – дополнительная мощность (находится эксперимен-

$$P_0 = \frac{U^2 S}{\rho L}$$

тально),

Проведены эксперименты по стимуляции волны горения электрическим током. На рис.2 показан эксперимент по инициированию реакции СВС локальным нагревателем вдоль емкости в слабоэкзотермической смеси. Автоволновая реакция остановилась примерно на середине длины емкости. Применение метода послойной стимуляции электрическим током позволило поддержать автоволновую реакцию во всём реакционном объеме без генерации электротеплового взрыва (рис. 3, 4).

Предложенный метод также позволяет управлять скоростью реакции, в результате чего возможно получение композиционных материалов с заданными свойствами.

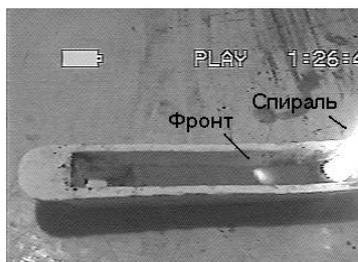


Рисунок 2. Остановившаяся автоволновая

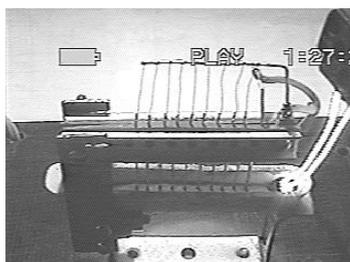


Рисунок 3. Инициирование реакции

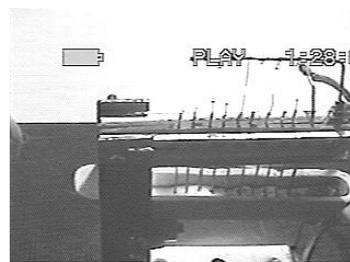


Рисунок 4. Стимулированная реакция

## ИЗМЕРЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПОТОКА РАСПЫЛЕННОЙ ЖИДКОСТИ АЭРОСЕДИМЕНТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Аспирант Ключков А.В. АлтГТУ

Процесс смесеобразования в двигателях внутреннего сгорания является одним из наиболее важных. Он определяет полноту сгорания топлива, удовлетворение экологическим нормам и экономичность расхода.

При серийном производстве топливной аппаратуры необходим постоянный контроль качества распылителей. Для решения этой задачи предлагается применять метод аэроседиментационного анализа [1].

Метод аэроседиментационного анализа (МАС) разработан на основе седиментометрического метода исследования дисперсного состава распыленной жидкости [2].

На рисунке 1 приведена схема метода аэроседиментационного анализа. Для обоснования возможности применения аэроседиментационного анализа была рассмотрена следующая задача. Частицы, распыленной жидкости вылетают из распылителя в направлении оси  $X$  с небольшим корневым углом  $\alpha$  и соответственно имеют  $V_x$  и  $V_y$  составляющие скорости. На них действует поток воздуха движущийся со скоростью  $V_{\text{потока}}$ .

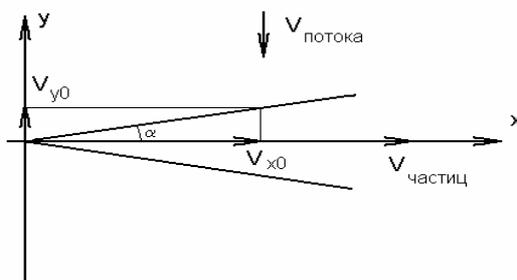


Рисунок - 1. Схема метода аэроседиментационного анализа.

На летящие частицы будут действовать сила сопротивления направленная против движения и сила, действующая перпендикулярно движению со стороны бокового потока. В приближении Стокса можно записать силы следующим образом:

$$m \frac{dV_x}{dt} = -6\pi\eta V_x \quad m \frac{dV_y}{dt} = -6\pi\eta |V - V_y|$$

где  $\eta$  - коэффициент вязкости воздуха,  $r$  - радиус частиц,  $m$  - масса частиц.

Решение этих уравнений приводит к следующему результату для траекторий частиц:

$$y = \frac{V}{k} \ln \left( 1 - \frac{x \cdot k}{V_{x0}} \right) - (V + V_{y0}) \frac{x}{V_{x0}} \quad (*)$$

где  $V_{x0} = V_0 \cos \alpha$ ,  $V_{y0} = V_0 \sin \alpha$ ,  $k = \frac{6\pi r \eta}{m}$ ,  $V_0$  - начальная скорость частиц.

Результат численного расчета траекторий частиц на основании формулы (\*). представлен на рисунке 2.

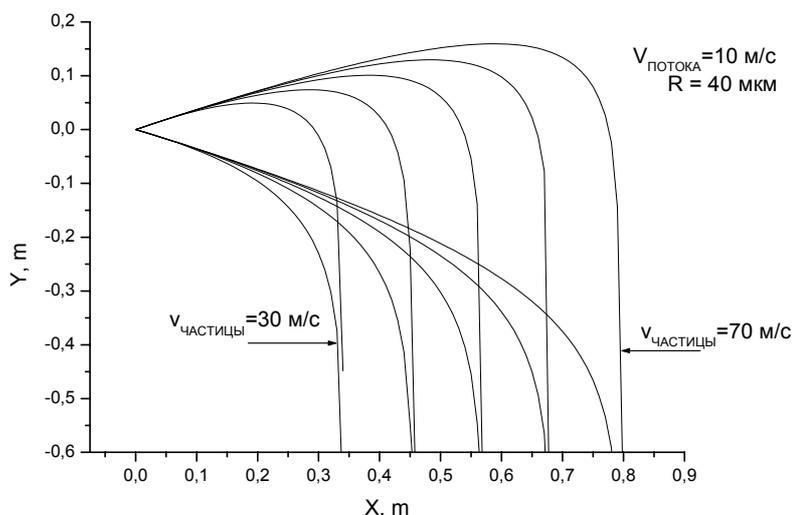


Рисунок - 2. График зависимости траекторий частиц от скорости частиц. Частицы влетают в поток под углами  $20^\circ$ .

Частицы влетают в поток под углами  $\pm 20^\circ$  относительно оси X. Скорости частиц меняются от 30 до 70 м/с, боковой ветер имеет постоянную скорость 10 м/с, размер частиц 40 мкм.

Зная траектории частиц можно при помощи различных методов регистрировать частицы с определенными характеристиками (скорость, размер), а также исследовать распределение частиц в потоке по их параметрам. Ввиду развития цифровых технологий появляется возможность оперативного снятия и регистрации сигналов с оптических датчиков в режиме реального времени, а также автоматизировать процесс измерения. Проведенный расчет дает приближенную картину траекторий частиц т.к. в используемых формулах не учитывались процессы испарения капли при движении, аэродинамическое взаимодействие капель между собой, распределение капель по скоростям.

Проверка результатов расчета проводилась на экспериментальном стенде, схема которого приведена на рисунке 3.

Топливо распыливается форсункой 1 в измерительной камере 2. Двухфазный топливный поток 3 попадает под воздействие потока воздуха, сформированного системой воздухоподачи, и направленного перпендикулярно направлению распыливания. Воздействие бокового ветра приводит изменению структуры потока обусловленному изменением траекторий частиц потока в зависимости от их размера согласно законам аэродинамики. Происходит разделение частиц по размерам. Изменение структуры потока регистрируется системой ввода изображений 4, информация с которой передается на ЭВМ 5 и анализируется при помощи программного пакета для анализа и обработки цифровых изображений Pisost Image Framework 9.0 Измерения возможно производить в двух режимах: в проходящем свете и в отраженном, в зависимости от включения источников света 6. Исследование распределения частиц потока по разме-

рам осуществляется при помощи измерительной плоскости сформированной источниками 7 и приемниками 8 инфракрасного излучения. Информация с ИК-приемников также передается на ЭВМ. Система подачи воздуха состоит из нагнетательного блока 9 с возможностью регулировки давления воздуха, воздуховода 10 и формирователя потока воздуха 11 непосредственно в самой камере. Для сбора использованного топлива установлен блок вытяжки 12.

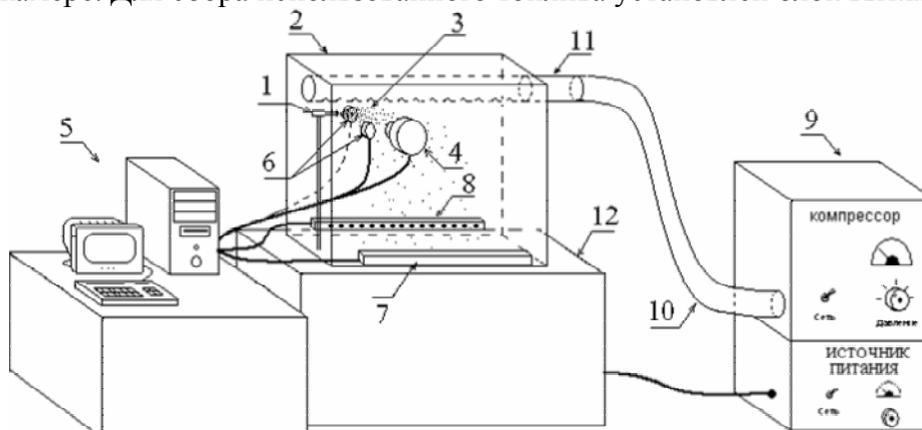


Рисунок – 3. Схема измерительного стенда.

Для анализа распределения массы топлива по измерительной плоскости измерительная плоскость разделялась на три секции. Из графика на рисунке 4 видно, что наиболее быстро частицы достигают первой секции – это самая мелкая фракция частиц образующихся при распыливании. Более крупные частицы попадают во вторую секцию с небольшой задержкой по времени и наиболее крупные частицы, имеющие самую длинную траекторию полета, прилетают последними в третью секцию.

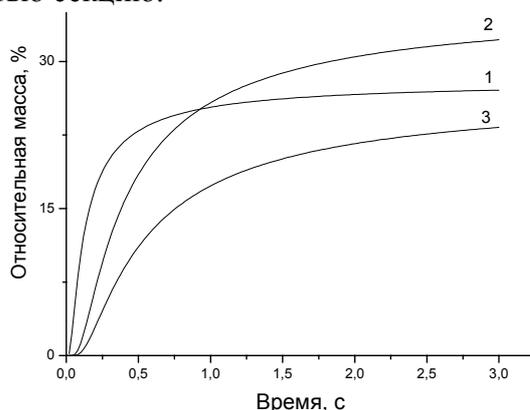


Рисунок 4. График распределения массы распыленного топлива в секции 1,2,3

Согласно расчетам в первую секцию должны попадать частицы размером примерно до 35 мкм., во вторую – 35-60 мкм., в третью более 60 мкм. Сопоставляя размеры частиц и их общую массу можно рассчитать дисперсный состав топливного потока.

Литература.

1. Еськов А.В. Метод измерения дисперсного состава распыленной жидкости // Еськов А.В., Черепов А.Д., Клочков А.В. Силаев Е.С. – Барнаул: Труды 1-й всеросс. научн.-техн. конф. студ., асп. и мол. ученых. 2004. – 160с.
2. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Распылители жидкостей. М. Химия. 1979. - 213с.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРОВ ПЛАЗМОЙ.

Автор работы: Ковбель Д. А. – студент гр. ТНМ-01  
Научный руководитель – Ананьева Е. С., к.т.н., доцент

Как правило, полимерные материалы характеризуются низкими значениями поверхностной энергии, плохо смачиваются растворителями, плохо склеиваются, имеют низкую адгезию и т.п. Одним из наиболее перспективных и современных методов модификации поверхности является воздействие низкотемпературной плазмы.

Модификация поверхности полимерных материалов с использованием плазмы представляет собой интерес в практическом и научном плане. В большинстве случаев плазма представляет собой газовую смесь нейтральных и заряженных частиц. Химические реакции, инициируемые плазмой, характеризуются высокой степенью возбуждения молекул, что обуславливает их повышенную реакционную способность. Если степень ионизации – отношение плотности заряженных частиц к плотности нейтральных частиц – мала, то такая система называется слабоионизированной плазмой. При комнатных температурах из-за большой энергии связи электронов в атомах и молекулах равновесная плотность заряженных частиц практически равна нулю. Однако можно и при комнатной температуре создать электропроводящий газ, называемый газовым разрядом, если поместить его в электрическое поле. По характеру действия плазма похожа на другие виды ионизирующего излучения (УФ, гамма-излучение и т.п.). В тоже время плазма имеет свои особенности, связанные с тем, что она затрагивает лишь поверхностные слои полимера (интенсивность плазмы на поверхности существенно выше, чем интенсивность других ионизирующих излучений).

В основу классификации процессов взаимодействия электрических и электромагнитных полей с ионизированными газами (плазмой) целесообразно положить два признака. Первым служит характер состояния ионизированного газа, который подвергается воздействию внешнего поля; вторым – частотный диапазон поля. По характеру ионизированного газа различают: пробой газа, поддержание полем неравновесной плазмы и поддержание равновесной плазмы. По признаку частоты – постоянное (низкочастотное) электрическое поле, высокочастотные поля, сверхвысокочастотные и оптические.

Пробой – это существенно нестационарный процесс бурной ионизации газа, превращения неионизированного газа в проводящую плазму, которое происходит при быстром «включении» достаточно сильного внешнего поля. Под действием поля свободный электрон набирает энергию, достаточную для вырывания электрона из атома, и ионизирует атом, затрачивая на отрыв свою энергию. В результате вместо одного появляются два медленных электрона; они снова набирают энергию, ионизируют, образуется четыре электрона и т.д. Так развивается электронная лавина и происходит пробой.

Неравновесная газоразрядная плазма - это слабоионизированный газ со степенью ионизации порядка  $10^{-8}$ - $10^{-6}$ , в котором электроны, непосредственно приобретающие энергию от поля, обладают повышенной средней энергией, а газ тяжелых частиц (атомов, ионов, молекул) остается холодным. Еще одна причина неравновесности системы – потери энергии при неупругих столкновениях электронов с молекулами, молекул с молекулами и ионов с молекулами различны. Обычно электронная температура имеет порядок  $10^4$  К, т.е. 1 эВ, а газовая температура порядка комнатной. Неравновесная газоразрядная плазма по своим физическим свойствам гораздо богаче равновесной.

Равновесная плазма – это обычно плотная, так называемая «низкотемпературная» плазма при давлении порядка атмосферного и температуре, одинаковой у электронов и тяжелых частиц, порядка  $10^4$  К, или 1 эВ. Степень ионизации термодинамически равновесна; соответствующая указанным температурам и давлениям, она имеет порядки  $10^{-3}$ - $10^{-1}$ , т.е. намного выше, чем в случае слабоионизированной неравновесной плазмы.

Разумеется, четкие границы между описанными состояниями ионизированного газа провести нельзя, деление весьма условно, ибо существуют промежуточные варианты. Еще более условно деление электромагнитных полей по диапазонам. Диапазон низкочастотных

полей порядка  $10^2$ - $10^3$  Гц, высокочастотный диапазон (ВЧ) охватывает частоты, исчисляемые мегагерцами ( $10^5$ - $10^8$  Гц). Типичный сверхвысокочастотный (СВЧ) диапазон простирается в районе  $10^9$ - $10^{11}$  Гц. И, наконец, оптический диапазон охватывает излучения отдаленного инфракрасного до жесткого ультрафиолетового; центральной его частью является видимый свет.

Поля каждого из четырех диапазонов могут взаимодействовать с каждым из трех перечисленных типов плазмы, всего получается двенадцать вариантов взаимодействий, таблица 1.1.

Таблица 1.1 – Различные варианты взаимодействия электрических полей и плазмы

	Пробой	Неравновесная плазма	Равновесная плазма
Постоянное электрическое поле	Возникновение искры между электродами	Положительный столб тлеющего разряда	Положительный столб дуги высокого давления
Высокие частоты	Зажигание ВЧ разряда	ВЧ разряды в разряженных газах	ВЧ индукционный плазмотрон
СВЧ	Пробой в волноводах и резонаторах	СВЧ разряды в разряженных газах	СВЧ плазмотрон
Свет	Пробой газов лазерным излучением	Завершающая стадия оптического пробоя	Непрерывный оптический разряд

В газовом разряде плотность заряженных частиц (электронов и ионов) много меньше плотности нейтральных частиц (атомов или молекул). Такая плазма носит название слабоионизированной или низкотемпературной, ибо средняя энергия электронов или ионов значительно меньше потенциала ионизации частиц газа. Другой предельный случай представляет собой горячая плазма, в которой средняя энергия ионов значительно больше потенциала ионизации частиц газа. Такая плазма состоит из электронов и ионов, а нейтральные частицы отсутствуют.

Разрядная плазма – и неравновесная, и равновесная – с равным успехом может стационарно поддерживаться и постоянным, и переменным электрическими полями.

Наиболее часто в экспериментальных исследованиях применяется низкотемпературная плазма тлеющего разряда. Тлеющий разряд простейшего типа может быть получен пропусканием постоянного тока через газ при низком давлении между двумя электродами. Усиление тока разряда связано с увеличением энергии первичных электронов в приложенном электрическом поле и последующими процессами ионизации молекул электронным ударом. Когда разряд устанавливается, пространство между электродами становится видимым из-за возникновения характеристического столба.

Т. о. наилучшим вариантом плазмохимической модификации является модификация связующего в высокочастотной низкотемпературной плазме, что приводит к значительному увеличению прочностных и эксплуатационных характеристик материалов.

## ВЛИЯНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СРЕДЫ ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ НАПОЛНИТЕЛЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ

Автор: студентка гр. ТНМ – 01 АлтГТУ О. Н. Ларичева  
 Научный руководитель Е. А. Головина, к.т.н., доцент.

Композиционные материалы, армированные высокопрочными и высокомодульными волокнами, приобретают все большее распространение в различных областях техники. Создание этих материалов, обладающих комплексом совершенно новых (по сравнению с металлами и сплавами) характеристик, позволяет успешно решать важнейшие технические задачи, особенно в области авиа- и ракетостроения, транспортного машиностроения и в других отраслях промышленности.

Среди всех армированных пластмасс углепластики (УП) обладают наиболее высокими стойкостью к усталостным испытаниям и долговечностью. К основным достоинствам УП относятся высокая прочность и жесткость, низкая плотность, высокая износостойкость, теплостойкость, стойкость к воздействию агрессивных сред, и т.д.

Разработка прочных и жестких углеродных волокон и использование их в качестве армирующего наполнителя в композитах конструкционного назначения является одним из крупнейших технических достижений последнего десятилетия [1]. Свойства композитов зависят от степени адгезии между волокнами и матрицей, которая в свою очередь определяется состоянием поверхности волокон, необходима обработка поверхности, повышающая адгезионную прочность между волокнами и матрицей.

Модификация волокон осуществляется с целью повышения их качества, использования новых свойств и эксплуатационных показателей модифицированных волокон. Весьма существенным показателем является также стабильность свойств модифицированных волокон в процессе эксплуатации [4].

С целью увеличения прочности связи на межфазной границе применяются специальные виды обработки поверхностей, в том числе окисление и аппретирование углеродных волокон. Тем не менее, разработанные методы не всегда дают удовлетворительные результаты. Поверхность углеродных волокон является весьма инертной, что существенно ограничивает возможность проведения реакций прививки традиционными методами. В связи с этим задача активации поверхности наполнителей сохраняет свою актуальность [1,4].

Необходимо найти методики обработки, которые позволят улучшить поверхностную активность данного класса волокон, не изменяя заметно их физико-механические характеристики. К таким методам модификации можно отнести мокрое окисление, сухое окисление, нанесение покрытия из газовой фазы, радиационная обработка.

Наиболее существенным, в тенденциях развития модификации поверхности наполнителей является переход от универсальных способов к принципиально селективным. При этом к поверхности волокон прививаются такие соединения, которые могли бы эффективно взаимодействовать с компонентами связующего. В виду того, что набор связующих, используемых при создании композиционных материалов чрезвычайно широк и включает самые различные классы олигомеров, надежда получения универсальных способов подготовки поверхности в значительной мере являются иллюзорными.

Таким образом, возникает задача подбора соединений, позволяющих реализовать эффективные условия взаимодействия матрицы с наполнителем. После этого возникает наиболее сложная проблема реализации процесса прививки [2].

Условия обеспечения должного взаимодействия с матрицей требует прививки строго определенных соединений. Совокупность таких достаточно жестких требований приводит к необходимости применения более тонких методик.

Наиболее эффективным и перспективным в настоящее время является метод радиационно-химической обработки поверхности углеродных волокон.

Радиационно-химическая обработка поверхности углеродных волокон затрагивает только поверхность волокна. При определенных поглощенных дозах на поверхности волокна образуется достаточное количество активных центров, увеличивающих активность волокна и обеспечивающих повышение адгезии на поверхности раздела волокно – матрица.

На первых этапах модификации волокон проводили:

1. тщательную обработку поверхности армирующих наполнителей для удаления как сорбированных соединений, так и остатков технологических загрязнений (замазливателей и т.п.);
2. подбор растворителей для каждого класса прививаемых соединений с учетом особенностей взаимодействия растворителя с функциональными группами на поверхности наполнителей;
3. подбор оптимальных концентраций и состав пропиточных растворов;
4. нахождение оптимальных доз при радиационной обработке.

Очень серьезное внимание уделяется оценке изменения взаимодействия на границе раздела фаз в композиционных материалах, особенно его количественной характеристике, т.е. адгезионной прочности. Получение оптимальной адгезии позволяет решить задачу создание материала с оптимальным вкладом компонент в его эксплуатационные характеристики.

В качестве связующего в работе рассматривалась эпоксидная смола. Эпоксидные смолы отличаются универсальностью свойств. Они обладают хорошей технологичностью, малой усадкой, хорошей адгезией к различным наполнителям, высокими механическими свойствами, низким влагопоглощением [3,5], допускают переработку при комнатной температуре и варьирование в широких пределах длительности и температуры отверждения. В них можно добавлять растворители, модификаторы и пластификаторы, чтобы изменять вязкость неотвержденного полимера, химическую стойкость и пластичность. При их термообработке отсутствуют выделения летучих продуктов реакции

Учитывая специфику избирательной сорбции поверхностью волокна и их массой отдельных компонентов эпоксидного связующего можно варьировать структуру переходного слоя на границе раздела фаз – обработкой поверхности волокна различными веществами; в частности компонентами связующего – эпоксидными, а также содержащими гидроксильные, амидные и карбонильные группы [5]. Бифункциональными соединениями, активизирующими поверхность волокон, были выбраны диэпоксиды – смоляные части связующих; эпоксидно-диановая смола ЭД-22, ДЭГ-1, поглощенная доза составляла 9 кГр.

Целью радиационно-химической обработки является прививка на поверхность углеродного волокна химически активных групп различных соединений для повышения химической активности волокна (из-за образования на поверхности активных центров, способных взаимодействовать с эпоксидными группами связующего).

Суть радиационно-химической модификации состоит в следующем. Предварительно подготовленное углеродное волокно помещается в растворы различных химических систем и подвергается облучению на гамма-установке “Исследователь”. Поглощенная доза изменялась в зависимости от длительности нахождения систем в гамма-установке. Поглощенная доза варьировалась от 50 до 200 кГр.

Одним из возможных способов создания межфазного (барьерного) слоя может быть покрытие волокна тонким слоем полимера, отличного по химическому составу от основного материала матрицы.

В рамках радиационно-химической модификации углеродных волокон целесообразно применить реакционные системы, в которых при воздействии высокой энергии появился бы устойчивый межфазный слой. Для закрепления барьерного слоя были реализованы методики с пропиточными системами на основе: фурфуроливого спирта в четыреххлористом углероде, поглощенная доза составляла 13,5 кГр с последующей пропиткой в 5% растворе: 1 – фенолсульфида, 2 – аминсульфида, 3 – тетрафурфурилоксисилана в диметилформамиде, с последующей термообработкой при 100 °С и давлении 1,3 кПа; радиационная обработка в совместном растворе тех же систем, поглощенная доза 13,5 кГр.

Первоначальная радиационная обработка в 2 % растворе фурфуроливого спирта в четыреххлористом углероде и последующая пропитка в 5 % растворе каждого из соединений в диметилформамиде оказывается более эффективной, как в плане увеличения сдвиговой прочности, так и увеличения предела прочности на растяжении.

Выводы:

1. Анализируя всевозможные взаимодействия компонентов эпоксидного связующего с различными группами, был сделан подбор соединений, позволяющих реализовать эффективные условия взаимодействия матрицы с наполнителем.

2. Предлагаемые в работе методики направлены на решение различных задач:

- прямая активация поверхности с целью увеличения прочности адгезионного контакта за счет прививки химически активных групп;

- создание благоприятных условий для релаксации напряжений при распространении магистральных трещин, что в конечном итоге способствует росту прочности.

3. Выбор растворителя оказывает существенное влияние на условия контакта компонентов, возможность ориентации макромолекул на поверхности и структуру адсорбированного слоя, она может оказаться преимущественной.

4. Несомненным является влияние структуры самой поверхности в акте взаимодействия наполнителя и связующего и количества активных центров, по которым может пойти реакция.

Литература:

1. Буланов И. М., Воробей В. В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: Учеб. Для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. И. Э. Баумана, 1998. – 516 с.
2. Иванов В. С. Радиационная химия полимеров: Учеб. Пособие для вузов. – Л.: Химия, 1988. – 320 с.
3. Композиционные материалы: Справочник /В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин и др.; Под общ. ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
4. Гуняев Г. М. Структура и свойства полимерных волокнистых композитов. – М.: Химия, 1981. – 232 с.
5. Берлин А. А., Пахомова Л. К. Полимерные матрицы для высокопрочных армированных композитов (обзор) //Высокомолекулярные соединения.-Т. (А)32, №7.-с. 101-107.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР УПАКОВКИ ПОРОШКОВЫХ СИСТЕМ NI-AL

Мануилов А.М., Лапшин К.В., Гуляев П.Ю.

Для получения необходимых механических свойств пористого СВС-материала, необходимо производить загрузку порошковой смеси в реактор при такой насыпной гравиметрической плотности, которая может обеспечить внутреннее структурное стимулирование волны горения синтеза [1].

Этот метод осуществляется за счет создания в узких областях волны горения сверхadiaбатических условий, то есть когда в непрогретый слой реагирующей смеси в области волны обеспечивается подвод тепла из области догорания. Конвективный подвод осуществляется продувкой газа сквозь поры продукта горения в направлении распространения волны горения (эффект Алдушина - Сеплярского) [2].

Подвод тепла в тонкую предвоспламенительную зону возможен за счет радиационного теплообмена сквозь поры, возникающие при малых значениях насыпной плотности. Определяющим фактором в данном методе является размер пор. Инициирование механизма радиационного теплообмена связано с условием: длина волны  $\langle \lambda \rangle$  должна быть на порядок меньше, чем характерный размер пор  $L$ . При этом принимаем в качестве эффективной длину волны максимума спектральной плотности излучения нагретого тела  $\langle \lambda \rangle$ , которая определяется из закона смещения Вина:  $\lambda \times T = 2898 \text{ мкм} \cdot \text{К}$ , которая соответствует определенной критической адиабатической температуре. Следовательно, для смесей, обладающих различной адиабатической температурой, должны существовать свои критические пределы, при которых происходит радиационный теплообмен между слоями. Таким образом, для анализа условий возникновения механизма радиационного теплообмена необходимо знать структуру дисперсной реагирующей смеси при различных уплотнениях. В работе предлагается математическое моделирование структур упаковок с использованием различных статистических распределений параметров частиц.

Входными данными являются:  $S$  – стехиометрическое соотношение,  $f_{Ni}(d), f_{Al}(d)$  – функции распределений частиц по диаметрам для Ni и Al. Затем осуществляется математическое моделирование структуры упаковки. Результат моделирования - изображение двумерной геометрической структуры является входным массивом для программы анализатора изображений «ВидеоТест», которая в качестве результата выдает диаграмму распределения классов и гистограмму распределения по размерам пор.

Хотя образец исследования является объемным, однако модель структуры упаковки можно принять двумерной в силу однородности по одной из горизонтальных координат.

Следовательно, для исследования структуры упаковки и ее анализа можно брать лишь один вертикальный слой. В качестве модели частиц порошка Al и Ni взяты окружности, так как в реальности частицы имеют сферическую форму.

Возможны различные варианты упаковок и значений пористости, зависящие от соотношения сил поверхностного сцепления между частицами и сил давления верхних горизонтальных слоев, то есть в результате пористость может изменяться от больших значений (насыпная пористость) до малых значений (предельная пористость), что отражено на ниже приведенном рисунке.

Начало заполнения образца в процессе моделирования начинается с генерации случайным образом координаты X центра частицы в соответствии с равномерным распределением. Затем происходит генерация случайным образом в соответствии с заданными гистограммами распределения частиц порошков Ni и Al по диаметрам (Рис. 1).

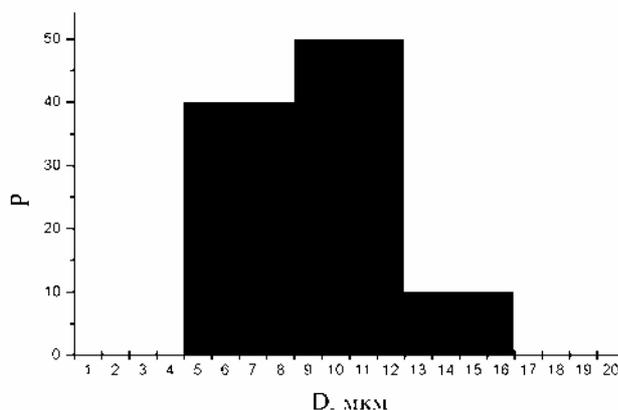


Рис. 1. Образец гистограммы генерации диаметра частиц.

После генерации диаметра частицы, уменьшая значение координаты Y, мы опускаем частицу вниз до тех пор, пока она не соприкоснется с «линией уровня заполнения» (для реального объемного образца смеси эта линия соответствует поверхности заполнения образца частицами).

В первом случае, если предположить что силы поверхностного сцепления больше сил внешнего давления верхних слоев частиц, то частица после соприкосновения с линией уровня завершает свое движение вниз (прилипает к поверхности заполнения).

В данном случае  $\sigma \cdot S \geq m \cdot g \cdot \Delta h + F_r$ , где  $\sigma \cdot S$  - сила поверхностного сцепления,  $m \cdot g \cdot \Delta h$  - сила тяжести,  $F_r$  - сила внешнего давления.

Если же силы внешнего давления верхних слоев превышает силы поверхностного сцепления ( $\sigma \cdot S < m \cdot g \cdot \Delta h + F_r$ ), то картина структуры упаковки будет иная – возможно скатывание частиц по линии уровня заполнения. Поэтому в данном случае после соприкосновения частицы с линией уровня учитывается ее положение на устойчивость. Если частица находится в устойчивом положении, то ее движение вниз заканчивается. Если же частица находится в неустойчивом положении, то происходит скатывание частицы в ту или иную сторону в зависимости от угла наклона частицы до тех пор, пока частица не примет устойчивое положение.

Следует отметить, что в процессе моделирования вычисляется значение пористости. Вычисление общей (средней) пористости образца ведется по следующей формуле:

$$P = \frac{S_{Общ} - S_{част}}{S_{Общ}}, \tag{1}$$

где:  $S_{Общ}$  – площадь всего образца,  $S_{част}$  – сумма площадей всех частиц.

Кроме общей пористости программа вычисляет также значения поперечной и продоль-

ной пористости по слоям. Ширина слоев задается в начале программы. Вычисления же производятся следующим образом. Если частица полностью находится, в каком либо слое тогда площадь частицы, вносимая в слой, вычисляется по известной формуле площади окружности. В том случае если частица находится одновременно в двух слоях тогда площадь частицы, вносимая в каждый, слой вычисляется через интеграл.

На следующем рисунке 2 приведены результаты моделирования, зависящие от соотношения сил поверхностного сцепления между частицами и сил давления верхних горизонтальных слоев.

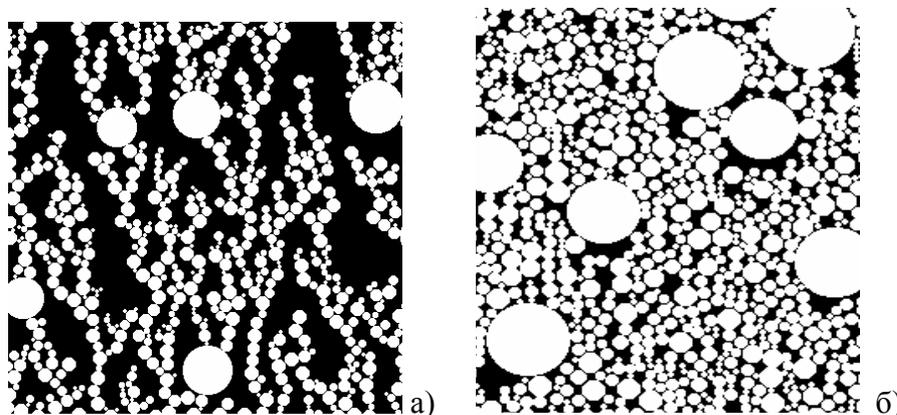


Рисунок 2. Модель структуры насыпной пористости (а) и модель структуры с давлением подпрессовки 25 МПа (б).

Затем полученный результат моделирования обрабатывается программным обеспечением анализатора изображений «ВидеоТест». Результатами анализа являются диаграмма распределения по классам, которая предоставляет нам значение пористости, а также, гистограмма распределения по размерам пор. Существуют и экспериментальные методы определения пористости, но они позволяют определить ее после спекания порошка.

Влияние эффекта радиационной теплопроводности существенно зависит от пористости материала и может сильно меняться в процессе из-за изменения размера пор.

Резюмируя, можно сказать, что изменчивость структуры пор и их размеров влияет на процесс теплообмена и на переходы из одного механизма теплообмена в другой.

Литература:

1. Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Иордан В.И., Калачёв А.В. Теоретические модели и экспериментальные методы исследования механизма формирования тепловой структуры в волне горения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Ползуновский вестник, 2005, №1.
2. Aldushin, A.P., Seplyarskiy, B.S., The Inversion of the structure of combustion wave in the porous medium during expulsion of gas. // Report of AS USSR, 1979, v. 249, № 3, p. 585-589.

## ТЕХНОЛОГИЯ СОВМЕЩЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ С ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЕЙ

Автор: студентка гр. ТНМ – 01 АлтГТУ А.Н.Павлова  
 Научный руководитель: д.т.н., проф. В.Б. Маркин

Главные задачи при получении изделий из полимерных композиционных материалов заключаются в правильном подборе материала матрицы и наполнителя, в определении рациональной структуры материала, с учетом особенности его поведения в условиях переработки. Правильная технология совмещения компонентов обеспечивает эффективную реализацию свойств материала в изделии (конструкции).

Особенности формирования композита – адгезионное взаимодействие связующего с поверхностью наполнителя, повышение вязкости до весьма больших величин в ходе процесса,

вплоть до стеклообразного состояния, малые толщины полимерной матрицы – влияют на характер изменения объема, превращая его в сложный релаксационный процесс.

Усадка при отверждении полимерной составляющей является причиной возникновения напряжения сжатия на границе с волокном. Если усадка значительна, а жесткость полимера велика, то такие напряжения могут явиться причиной образования микротрещин, расслоений и даже деформации волокна

Частицы наполнителя, образующие суспензию в наполняемой среде, способствуют развитию в ней пространственной структуры даже при малых степенях объемного заполнения, значительно повышая прочность этой структуры, образуя в ней узлы – центры ее развития вследствие адсорбционных сил поверхности частиц наполнителя.

Целью данной работы было исследование влияния технологии совмещения модифицированной дисперсными частицами полимерной матрицы с основным волокнистым наполнителем на трещиностойкость материала.

Экспериментальные данные были получены при совмещении трех систем:

- 1) Ультрадисперсные частицы вводились в смоляную часть связующего
- 2) Ультрадисперсные частицы вводились в отвердитель
- 3) Ультрадисперсные частицы вводились в смесь отвердителя и смолы

Данные, полученные по седиментационной устойчивости, показали, что вне зависимости от того, куда мы вводили наполнитель устойчивость частиц одинаковая. Седиментационную устойчивость проверяли по пропускной способности на электронном колориметре.

Однако при отверждении системы, в которой наполнитель был введен в отвердитель, наблюдались параболические трещины и сколы. Поэтому можно сделать вывод о том, что наиболее приемлемы системы, в которых наполнитель вводили либо в смоляную часть, либо в смесь смоляной части и отвердителя.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ.

Гуляев П.Ю., Паршин А.В.

Коленный сустав является вторым по величине крупным суставом организма (после тазобедренного), в функциональном отношении играющем для человека исключительную роль, залогом его физической активности. Соответственно по частоте поражения коленный сустав занимает также второе место. Особенности анатомического строения, расположения, функциональные особенности коленного сустава создают большую вероятность перегрузки, травматизации, различным заболеваниям по сравнению с другими крупными суставами организма. Даже незначительные нарушения функции этого сустава, болезненность приводят к значительному дискомфорту для человека, к потере его трудоспособности, при значительном поражении — к инвалидизации. И если учесть, что основной контингент больных приходится на цветущий, работоспособный возраст, становится понятным тот интерес и внимание, которые проявляются к изучению патологии коленного сустава.

Для диагностики заболеваний коленного сустава в настоящее время применяются различные методы исследования: рентгенография, артроскопия, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, метод ультразвукового исследования, сцинтиграфия, тепловидение. Диагностика осуществляется с учетом жалоб больного, анамнеза, клинических проявлений, данных лабораторного исследования. Несмотря на большое количество диагностических методов основная роль в диагностике заболеваний коленного сустава принадлежит традиционной рентгенографии.

Обладая рядом несомненных достоинств — неинвазивность (в отличие от артроскопии), доступность данного метода, простота исследования, экономичность (в сравнении с КТ и МРТ) — традиционная рентгенография не может полностью удовлетворять потребности современной медицины в ранней диагностике заболеваний коленного сустава, например деге-

неративно-дистрофических и воспалительных. Как известно, рентгенография в большинстве случаев позволяет определить поражение коленного сустава при вовлечении в патологический процесс костных элементов, и зачастую, эти изменения уже необратимы и трудны для лечения.



Рис.1 Коленный сустав

В основе метода лежит положение, что дефекты трущихся поверхностей суставного хряща и мениска при движении издают звуки. Подход состоит в том, чтобы одним датчиком регистрировать фазу движения, а другим датчиком регистрировать комплексный фазо-амплитудный спектр звукового сигнала, по которому будет создаваться база данных спектральных акустических признаков в соответствии с положением сустава. Преобразование звукового сигнала в спектр энергетический, амплитудный и фазовый, осуществляется посредством дискретного преобразования Фурье.



Рис.2 Структурная схема комплекса

Установка состоит из двух микрофонов (датчики акустического сигнала), датчика угла сгибания, блока первичных преобразователей и персонального компьютера с установленной звуковой платой, имеющей один линейный стереоканал и микрофонный вход. Два микрофона закрепляются на внутренней и внешней сторонах колена. Наличие двух микрофонов позволяет локализовать источник звукового сигнала, исследуя задержку появления сигнала на разных микрофонах.

Тарировка проводится с целью исследования сквозного канала распространения звука в биологических (суставных) тканях. Исследуется спектральная характеристика коэффициента затухания и акустического импеданса на контакте микрофон биологическая ткань.

Комплекс позволяет по спектральным фазовым портретам проводить распознавание различных видов ортопедических заболеваний по набору спектральных признаков регистрируемых акустической эмиссией суставов. К этим характеристикам относятся изменение во времени амплитудного и фазового спектра и их корреляция с фазой движения и анализом заболевания.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОБЛИЦОВОЧНОЙ ФАСАДНОЙ ПЛИТКИ

Авторы: Е. А. Попова, В. С. Попов – ПКМ-01, АлтГТУ  
 Научный руководитель – доцент, к.т.н. Е. А. Головина

Большинство современных технологий возведения зданий требует их облицовки отделочными материалами. Сюда же следует отнести огромный фонд старых зданий, требующих реконструкции, ремонта и реставрации.

В настоящее время на рынке строительных материалов нашли широкое применение декоративные облицовочные плитки для отделки фасадов зданий. Они позволяют улучшить внешний вид здания, скрыть дефекты и недостатки конструкции. Широкое многообразие цветовой палитры и формы позволяют удовлетворить потребности любого покупателя.

Наибольший спрос имеют традиционные керамические, бетонные и мраморные плиты, которые крепятся к поверхности в основном с помощью цементных растворов и клеев. Монтаж плит таким способом трудоемок и дорог («съезжание» нижерасположенных рядов, трудности качественного монтажа по плоскости, проблемы совместимости стыкуемых материалов, необходимость пароизоляции капитальных стен и т.п.). Он требует специальной квалификации рабочих.

Проведя анализ наиболее распространенных на данный момент материалов, применяемых для облицовки фасадов можно сделать вывод об их невысокой химической стойкости, недолговечности, водопроницаемости, недостаточно высокой морозостойкости.

В качестве замены традиционным материалам предлагается использовать полимербетон, которые представляют собой новые эффективные химически стойкие материалы, у которых степень наполнения минеральными наполнителями и заполнителями доходит до 90-95% массы. Эти новые материалы стоят вне конкуренции с другими наполненными полимерными композициями по расходу полимерного связующего, которое составляет всего 5-10% общей массы полимербетона; естественно стоимость такого материала сведена к минимуму.

Благодаря своему составу полимербетон обладает целым рядом преимуществ по сравнению с остальными аналогичными материалами:

1. Стойкость к коррозии;
2. Минимальное влагопоглощение;
3. Высокие антибактериальные свойства;
4. Морозостойкость (до - 50° С);
5. Низкая теплопроводность (высокая теплоизоляция);
6. Стойкость к истиранию и вибрациям;
7. Повышенная износостойкость, которая в 2 раза превышает износостойкость мрамора.
8. Малый вес, в 2 раза легче традиционного бетона
9. Высокая прочность на сжатие и изгиб
10. Минимальные коэффициенты температурного расширения
11. Высокая температурная стойкость (-160 - +160 °С)
12. Трудногорючесть либо негорючесть (в зависимости от модификаций компонентов)
13. Не подвержен действию UV лучей (не выгорает и не выцветает)
14. Не боится сырости и открытой воды (применяется для устройства фонтанов и аквапарков)
15. Не подвержен эрозии
16. Абсолютно водо и воздухопроницаем
17. В качестве связующего предлагается использовать полиэфирную смолу, применение которой обеспечивает оптимальное соотношение цены качества и свойств.

В качестве заполнителей рекомендуется использовать песок и щебень, при изготовлении плитки с повышенными теплоизоляционными свойствами необходимо применять пористый щебень. В качестве наполнителей – декоративные красители: различные окиси или мраморную крошку.

Немаловажным достоинством изделий из полимербетонов на основе полиэфирных ненасыщенных смол является возможность проведения этапов технологического процесса, как при комнатной температуре, так и при нагревании с целью ускорения процесса полимеризации.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С РАЗМЕРНОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ

Автор: Ретюнская А.Н. – студентка гр.ПКМ-01 АлтГТУ  
Научный руководитель: Ананьева Е.С., к.т.н., доцент

Эффективная эксплуатация несущих конструкций в составе высокоточных изделий специального назначения (например, космических, информационных, оптических и энергетических систем, наземных прецизионных измерительных и обрабатывающих комплексов) требует постоянства их геометрических размеров с заданной степенью точности, поэтому обеспечение заданных параметров размерной стабильности в условиях эксплуатации является основной задачей при создании конструкций такого класса [1].

При разработке и изготовлении новых КМ, а также при создании конструкций из них необходимо учитывать влияние внешних факторов (температура, высокая влажность) на материалы. Также необходимо учитывать специфические свойства КМ. Целью создания КМ является объединение схожих или различных компонентов для получения материала с новыми заданными свойствами и характеристиками, отличных от свойств и характеристик исходных компонентов. С появлением таких материалов возникла возможность селективного выбора свойств КМ [2]. КМ широко используются в самолетостроении и космической технике из-за их хороших весовых и механических характеристик, позволяющих создать легкие и прочные конструкции, работающие и при повышенных температурах. Опыт применения конструкционных углепластиков на основе высокопрочных и высокомодульных углеродных волокон показал их эффективность прежде всего в конструкциях летательных аппаратов. Использование углепластика в конструкциях самолетов позволили увеличить жесткость изделий на величину от 1,5 до 2 раз, снизив массу изделия от 15% до 40% по сравнению с металлическим аналогом.

Многие материалы теряют свою прочность при высоких температурах, которые возникают в сверхзвуковом полете. Поэтому для аэрокосмических летательных аппаратов особый интерес представляют легкие жаропрочные материалы, долговременно размеростабильные в условиях меняющихся температур и влажности. Эти материалы изготавливают из высокомодульного КМ на основе углеродных волокон и связующего.

Так как размерная стабильность определяет способность материалов сохранять свои первоначальные размеры и геометрическую форму под воздействием внешних факторов – температуры и влаги, то, основными свойствами, влияющими на размерную стабильность материала, являются его термо- и влагостойкость. При этом размерная стабильность характеризуется степенью линейных и объемных искажений в заданном диапазоне температур и выражается в процентах [1].

На авиационные конструкции влияют аэродинамические нагрузки. Элементы жесткости крыла из УП обладают высокой прочностью, это очень важный момент, так как они подвержены воздействию больших нагрузок (до

240 тонн) при полете, посадке и движении самолета по земле. Лонжероны выдерживают изгибающие и крутящие силы и моменты, возникающие в результате нестационарного силового воздействия воздушного потока на поверхность крыла. Наиболее эффективно эти нагрузки выдерживает жестко заделанная балка, какой и является лонжерон. Проектирование и расчет размеростабильной конструкций проведен таким образом, что допускается только тот вес, который необходим для прочности. Столь малый вес конструкции (1600 кг) может быть достигнут только в результате использования тонких и удлиненных конструктивных элементов из высокопрочных материалов.

В результате проведенных исследований и расчетов спроектирован УП на основе полиимидной смолы P13N и углеродного волокна Хитекс (HTS) 46. Характеристики УП при степени наполнения 57%:

Коэффициент Пуассона  $\nu = 1,60 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>

Модуль упругости  $E = 159 \cdot 10^2$  МПа

Прочность на сжатие  $\sigma_{сж} = 1560$  МПа  
Относительное удлинение при разрыве  $\delta = 1\%$   
Плотность  $\rho = 1,60$  г/см<sup>3</sup> [3]

Данный материал обладает необходимыми характеристиками для достижения требуемой размеростабильности: низкий термический КЛТР, коэффициент влажностного расширения (КВР), высокий модуль упругости, и высокая прочность, низкая плотность, высокая жесткость. Имеются другие ценные свойства: высокая коррозионная и химическая стойкость, хорошие теплозащитные и амортизационные характеристики, антифрикционные и фрикционные свойства, высокая удельная прочность в широком интервале температур, долговечность и надежность, эстетичность.

Расчеты показали, что один лонжерон не выдерживает нагрузку в 240 тонн, поэтому необходимо установить в крыло второй лонжерон, что укладывается в рамки рекомендаций и является оптимальным решением. При двухлонжеронной силовой схеме, крыло выдерживает максимальные нагрузки при перегрузке и к тому же имеется запас прочности.

1. Проектные принципы обеспечения заданных параметров размерной стабильности несущих композитных конструкций: тезисы докладов международной конференции НПИМ 2004, Обнинск, России. /Климакова Л.А., Половый А.О.- Обнинск, ФГУП ОНПП "Технология", 2004.- С. 133-134.
2. Справочник по композиционным материалам : В 2-х кн. Кн.1 / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б.Геллера, М.М. Гельмонта; Под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988.- 448 с. : ил.
3. Полиимиды- класс термостойких полимеров/Бессонов М.И., Котон М.М., Кудрявцев В.В., Лайус Л.А.- Л.: Наука, 1983.- 328 с.

## РАЗРАБОТКА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АНИЗОТРОПНОЙ СТРУКТУРЫ С КОМБИНИРОВАННЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ.

Автор: студент группы ТНМ01 Роголев А.В.

Научный руководитель: Ананьева Е.С., к.т.н., доцент

Понимание природы и значимости внутренних механизмов, формирующих эффективное поведение, становится одной из задач первостепенного значения. Структурно-механические исследования как разновидность материаловедческой науки призваны устанавливать и объяснять связь внутренних механизмов, возникающих при деформировании материала, с его макроскопическим механическим поведением. Понимание такой связи помогает разработчикам новых материалов еще до постановки экспериментов проектировать их структуру под заданные требования, что сокращает время отработки и уменьшает затраты на опытную проверку и освоение производства.

Для этого создаются различные математические модели, учитывающие виды наполнителей, степени наполнения, размер и форму частиц. При этом в расчет берутся только модули упругости прочность элементов, входящих в моделируемые системы, но совершенно не учитывается геометрия расположения дисперсных частиц в системах. Расстояние между частицами позволяет определить поля взаимодействия между частицами, а также возможность возникновения пространственной структуры.

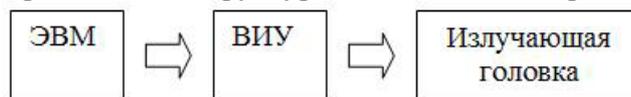
В данной работе описывается математическая модель основанная на структурно-механической модели и учитывающая помимо механических параметров геометрию распределения дисперсных частиц в материале.

# МАТРИЧНЫЙ ИМИТАТОР ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ РАЗНОРОДНО НАГРЕТЫХ ЧАСТИЦ

Родионов К. Ю., Паршин А.В., Иордан В.И.

Измерение и контроль температурных параметров играют важную роль в различных технологических процессах черной и цветной металлургии, в химическом и нефтеперерабатывающем производстве.

Одной из задач пирометрии нестационарных температур является определение функции температурного распределения частиц (ТРЧ-функции) с неодинаковой излучательной способностью. В процессе апробирования различных пирометрических приборов возникла потребность в имитации неоднородно-нагретого объекта теплового излучения, обладающего заданной ТРЧ-функцией. Предлагается структурная схема имитатора в следующем виде:



В состав устройства входят следующие блоки: излучающая головка, внешнее исполнительное устройство и программа управления, выполняемая на ПК.

В качестве излучающей головки предлагается использовать матрицу большого числа ламп накаливания. В пробной модели реализована произвольно сгруппированная структура 12-вольтовых ламп накаливания с вольфрамовой спиралью в количестве 110 штук. Максимальный ток через спирали составляет 50 мА. Лампы разделены на 10 групп, внутри каждой группы лампочки соединяются последовательно. Таким образом, предельная мощность рассеивания составляет 60 Вт.

Как известно, яркостные параметры лампы накаливания определяются протекающим током, поэтому именно последовательное включение ламп позволяет задавать одинаковый ток сразу для всей группы, что в свою очередь определяет разброс яркостных параметров внутри группы за счет индивидуальных особенностей конкретных ламп. Недостатком такого включения является необходимость использования высокостабильного источника питания высокого напряжения (в данной модели требуется источник с напряжением 120В).

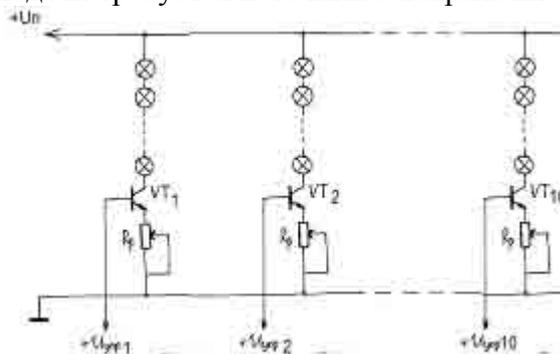


Рисунок 1. Схема включения излучающей головки.

Каждая группа ламп включается в схему простого источника тока на биполярном транзисторе n-p-n типа. Изменяя потенциал базы, от которого линейно зависит ток базы, происходит установка токов через лампы.

Управляющее напряжение на базы транзисторов подается с внешнего исполнительного устройства (ВИУ). ВИУ соединено с ПК посредством стандартного параллельного интерфейса. Он позволяет синхронно передавать 8 бит данных. При работе с ВИУ используются 8 информационных и одна стробирующая линии. Для управления выбран 8-разрядный формат управляющего слова, что подразумевает 256 уровней градации тока. Хотя в излучающей головке лампы разделены на 10 групп, возможно увеличение их числа до 16. Это обусловлено применением 4-разрядного указателя номера группы. В силу нехватки числа информационных линий параллельного порта в схеме реализован механизм мультиплексации: сначала ПК

передает в ВИУ указатель номера группы, а затем байт данных (управляющее слово). Таким образом, временная диаграмма этой операции имеет следующий вид:



Рисунок 2. Временная диаграмма операции пересылки управляющего слова в ВИУ.

Фрагмент схемы ВИУ представлен на следующем рисунке:

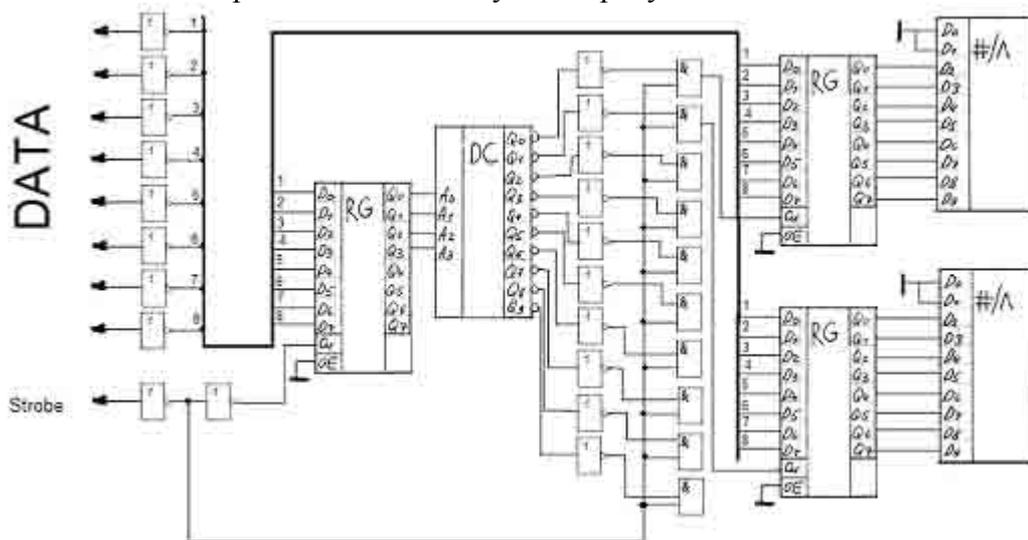


Рисунок 3. Фрагмент схемы ВИУ.

Инверторы на входе схемы необходимы для усиления сигнала по току. Это объясняется тем, что нагрузочной способности LPT-порта достаточно только для подключения 4-5 ТТЛ-элементов, подключение же КМОП-элементов не является целесообразным, так как LPT-порт хорошо согласуется по уровням напряжений с ТТЛ-микросхемами. В качестве регистров применены ИС 1533ИР23, логические элементы также выбираются из серии 1533. В качестве ЦАП – 572ПА1А с питанием +5В.

Преобразование управляющего (информационного) слова в аналоговый сигнал организуется на ЦАП 572ПА1А по стандартной схеме. В целях получения выходного сигнала в виде напряжения (это связано с внутренними особенностями данной модели ЦАП) не допускается подключение токового выхода ЦАП к заземленной нагрузке (резистору), поэтому токовый выход подключается к преобразователю тока в напряжение на ОУ. С помощью неинвертирующего усилителя с регулируемым коэффициентом усиления по напряжению полученный сигнал в виде напряжения может быть усилен. Источник опорного напряжения собран на операционном усилителе, с подстройкой на 3,5 В. Практически исключено влияние напряжения питания на выходное напряжение благодаря введению положительной обратной связи.

Использование стандартного параллельного интерфейса для связи ПК и ВИУ позволяет опираться на различные программные среды на этапе написания управляющей программы, придает устройству высокую мобильность, простоту диагностики и настройки.

В заключении следует сказать, что предусмотрена калибровка разрабатываемого устройства по государственному вольфрамовому эталону (ГРУ1100). Для каждой группы ламп необходимо составление таблицы соответствия управляющего слова току в цепи ламп и яркостной температуре.

Литература.

1. Алексенко А.Г. Применение прецизионных аналоговых микросхем./А.Г. Алексенко, Е.А. Коломбет, Г.И. Стародуб. 2-е издание переработанное и дополненное. М.: Радио и связь, 1985.

## ПЛАЗМЕННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ.

Автор работы – студент гр. ТНМ-01 Сидякин А. Ю.  
Научный руководитель – Ананьин С. В., к.т.н., доцент

Модификация поверхности полимеров с помощью низкотемпературной плазмы зависит от способа создания плазмы, давления и состава газа, температуры обрабатываемой поверхности, мощности разряда, продолжительности его воздействия и ряда других параметров.

Методы модификации полимерных материалов с помощью низкотемпературной плазмы имеют определенные преимущества:

- плазмообработка является сухой, энергоэкономичной, безвредной технологией;
- возможна обработка полимерных материалов практически любого вида и самой различной формы;
- возможно проведение избирательного травления и придание поверхности требуемого комплекса свойств.

К технологическим недостаткам обработки поверхности материалов низкотемпературной плазмой можно отнести необходимость создания вакуума для возбуждения электрического разряда, а это сложно, особенно при непрерывной обработке изделий больших размеров.

Наиболее применима плазма, полученная высокочастотным зарядом при пониженном давлении. Обработка полимеров в низкотемпературной плазме включает в себя ряд физических и химических процессов, приводящих к образованию низкомолекулярных газообразных продуктов и позволяющих направленно регулировать состав и структуру поверхностного слоя материалов.

Различают четыре типа основных реакций, используемых в плазмохимии полимеров:

- поверхностные реакции полимеров (плазменная обработка);
- плазменная полимеризация;
- плазменно инициированная полимеризация;
- плазменное восстановление.

Наиболее актуальным является рассмотрение первых двух типов реакций, а именно плазменная обработка и плазменная полимеризация. Преобладание поверхностных реакций полимеров возможно при использовании в качестве среды неорганического газа. Воздействие не образующий полимер плазмы (т.е. плазмы неорганических газов) можно рассматривать как следующие две реакции:

- реакция активных частиц с полимером;
- образование свободных радикалов в полимере.

На основе этих реакций путем выбора подходящего способа плазменной обработки могут быть усовершенствованы многие свойства полимеров, такие, как оптическое отражение, адгезия, коэффициент трения, поверхностная энергия (смачиваемость или гидрофобность), проницаемость и биосовместимость. Преимуществом плазменной обработки является то, что она изменяет лишь поверхностные свойства благодаря малой глубине проникновения в объем.

При введении органических паров в плазму или при зажигании плазмы в органических парах происходит их полимеризация и осаждается полимерная пленка. Поскольку осажденные в плазме на полимерную подложку пленки связаны с ней, по-видимому, ковалентными связями, полимеризацию в плазме можно рассматривать как вид прививочной полимеризации.

Полимеризация в плазме, приводящая к осаждению пленки на полимерную подложку, лежит в основе модификации поверхности подложки при минимальном изменении её объемных свойств, в то время как поверхностная прививка обычными методами приводит к изменению объёмных свойств подложки вследствие частичного проникновения в объём привитого полимера. Т.о. За счёт воздействия низкотемпературной плазмы на наполнитель возможно увеличение различных прочностных характеристик готовых композиционных материалов в 2-5 раз.

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОПЛАСТИКОВ

Скурыдина Е.М. – аспирантка ФиТКМ  
Скурыдин Ю.Г. – канд. тех. н., доц. БГПУ

На протяжении ряда лет на Алтае ведутся экспериментальные исследования в области рациональной утилизации растительных отходов. Количество отходов деревообрабатывающих производств может достигать 50% от объема исходного сырья. Одно из направлений их рациональной утилизации – изготовление композиционных материалов с использованием метода высокотемпературного взрывного автогидролиза без применения связующих веществ на стадии прессования. Следует отметить, что взрывной автогидролиз в настоящее время считается в мире одним из самых экономичных, эффективных и перспективных методов переработки лигноцеллюлозы для дальнейшей ее переработки в важные лесохимические продукты (спирты, сахара, дрожжи, целлюлозу, и т.п.). Полученные таким способом композиты способны заменить массивную древесину, и по ряду физико-механических показателей не уступают ей. Но для внедрения разработанного способа получения материалов в промышленное производство необходимо предпринять ряд мер, направленных на дальнейшее улучшение их эксплуатационных показателей. Предполагается разработать комплекс методик, позволяющих получать материал с требуемыми характеристиками для тех или иных условий эксплуатации.

В настоящей работе предоставлены результаты изучения физико-механических свойств композитных материалов из отходов древесины сосны, полученных с использованием полиэтилена. Полиэтилен добавлялся в качестве пленки на стадии горячего прессования материала.

Исследовались физико-механические и эксплуатационные показатели плитных материалов: предел прочности при статическом изгибе, плотность, разбухание и водопоглощение за 24 часа, ударная вязкость. Данные методы исследования впервые были применены к определению характеристик композитов из сосны с добавлением полиэтилена. Исследование предела прочности при статическом изгибе, плотности и гидрофобных свойств проведено в соответствии с ГОСТ 10633, 10634, 10635, 19592, 11842 для древесностружечных и древесноволокнистых плит. Взвешивание образцов производилось на аналитических весах, толщина измерялась микрометром в трех-пяти точках. За толщину образца принято среднее арифметическое значение этих измерений.

Результаты эксперимента показали, что композиты, полученные из опилок сосны мелкой фракции, имеют одну и ту же прочность, что и материалы с добавлением полиэтилена и на 80% прочнее ДСП, полученной традиционным способом с применением термореактивных смол. Мелкофракционная волокнистая масса обеспечивает более плотную укладку при горячем прессовании, при этом количество конденсированных связей возрастает пропорционально уменьшению размеров прессуемых частиц. Наблюдается прямая зависимость прочностных характеристик от плотности образцов. При этом композиционный материал с добавлением полиэтилена имеет одинаковый показатель плотности, с композитом из опилок сосны мелкой фракции, Ударная вязкость для композитов из опилок ниже на 13%, чем ударная вязкость древеснопластиков, содержащих полиэтилен.

Обращает на себя внимание различие в гидрофобных свойствах. Разбухание материала с полиэтиленом на 10% ниже, а водопоглощение имеет такое же значение, что и композита, изготовленного без добавки. Водопоглощение не изменилось в связи с тем, что не была защищена кромочная поверхность, через которую проникает основная масса влаги. Разбухание ДСП в 4-6 раз больше, чем композита, получаемого по новому способу.

При определении комплекса основных характеристик двух модификаций композиционных материалов можно сделать следующие выводы:

композиционный материал, получаемый исключительно из опилок, обладает такими же прочностными характеристиками, что и древеснопластик, полученный с добавлением полиэтилена, и во много раз лучше, чем у ДСП;

- гидрофобные характеристики материала из сосны ниже гидрофобных показателей материала с полиэтиленом и существенно выше этих показателей у ДСП;
- использование полиэтилена в виде пленки, вложенной в материал на стадии горячего прессования, не менее чем на 13% повышает ударную вязкость материала.

Полученные экспериментальные данные показали, что плитные композиционные материалы из отходов сосны с добавлением полиэтилена обладают приемлемыми физико-механическими характеристиками, в целом не уступающими показателям ранее изготовленных материалов без добавок. По важнейшим показателям получаемые материалы значительно превышают требования, предъявляемые к стандартным материалам класса «сверхтвердые», изготавливаемым на основе древесины с применением синтетических термореактивных смол.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА НА БАЗЕ ЛИНЕЙНОГО ПЗС

Соловьев А.А., Иордан В.И., Гуляев П.Ю.

Автоматизированные комплексы регистрации и обработки измерительной информации нашли свое применение практически во всех отраслях науки, техники и производства. Установка нескольких однотипных фотодиодных или пирометрических датчиков не позволяет производить высокоточные температурные измерения с высокой скоростью и представляет собой дорогостоящее и трудоемкое решение.

Более эффективным является применение линейного или матричного прибора с зарядовой связью (ПЗС), на основе которого можно проводить измерение яркостной температуры одновременно в нескольких точках объекта.

Целью работы является разработка системы управления линейным ПЗС для регистрации теплового излучения гетерогенных объектов в быстропротекающих процессах детонации и СВ-синтеза. Система должна обеспечивать различную скорость измерений, включая и режим измерений в реальном времени.

Общий вид измерительной системы представлен на рис.1. Устройство дистанционно управляется от персонального компьютера (ПК). Управляющая информация записывается в регистры системы контроля. Система контроля, в свою очередь, задает режимы работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и генератора тактовых сигналов.

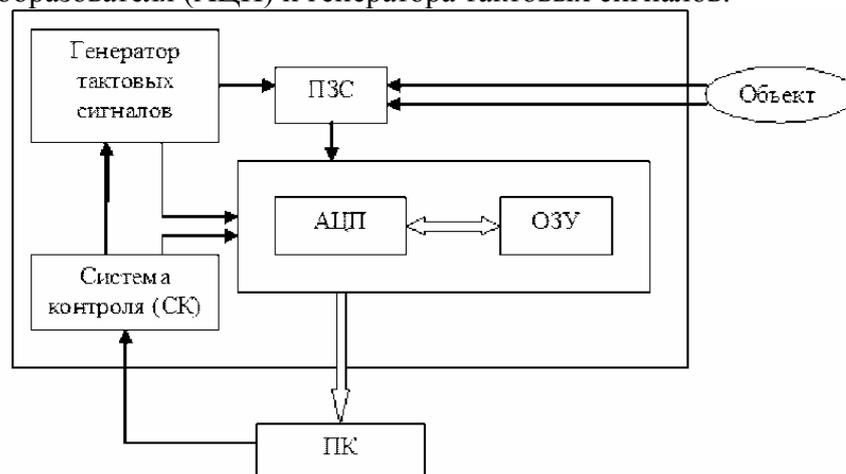


Рис. 1. Общий вид измерительной системы

В качестве чувствительного элемента в системе выбран ПЗС TCD103D производства фирмы TOSHIBA. На Рис. 2 и Рис. 3 представлены фотографии используемого ПЗС.

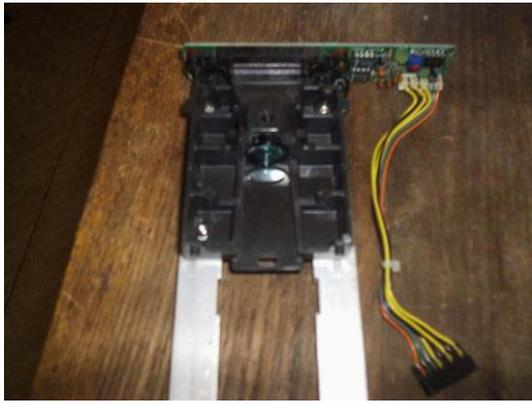


Рисунок 2 Линейный ПЗС TCD103D с оптической системой

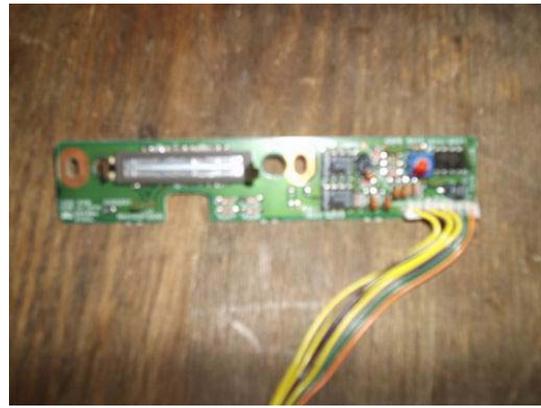


Рисунок3 Линейный ПЗС TCD103D на заводской плате обрамления.

Данный ПЗС имеет 2592 активных и 92 фиктивных ячеек размером 11x11 мкм. Каждый цикл считывания начинается при появлении низкого уровня сигнала SH (рис. 4). Первые 12 элементов являются фиктивными, затем идут 17 элементов для калибровки уровня черного, так как ПЗС чувствителен к температуре окружающей среды. Элементы D29..D91 фиктивные, так как находятся в крайних областях линейки. Из-за смещения выходного сигнала в положительную сторону относительно "0", в ПЗС предусмотрен выход DOS для компенсации по постоянному напряжению.

Генератор тактовых (рис. 5) сигналов задает временные параметры для ПЗС относительно опорной частоты, так как в различных ситуациях необходимо обеспечить различную скорость измерений и, соответственно, различное время экспозиции. Увеличение времени экспозиции до определенного предела, повышает чувствительность, но снижает скорость измерения. Генератор формирует прямоугольный сигнал стабильной частоты 4 МГц. Управляемый делитель делит эту частоту на 2,4,8,16 и, согласно управляющей информации, выдает на формирователь тактовых сигналов ПЗС. Таким образом, тактовый сигнал для ПЗС может принимать значения 1 МГц, 500 кГц, 250 кГц и 125 кГц, что соответствует времени опроса 2.688 мс, 5.376 мс, 10.752 мс и 21.504 мс при длине кадра 2688 ячеек.

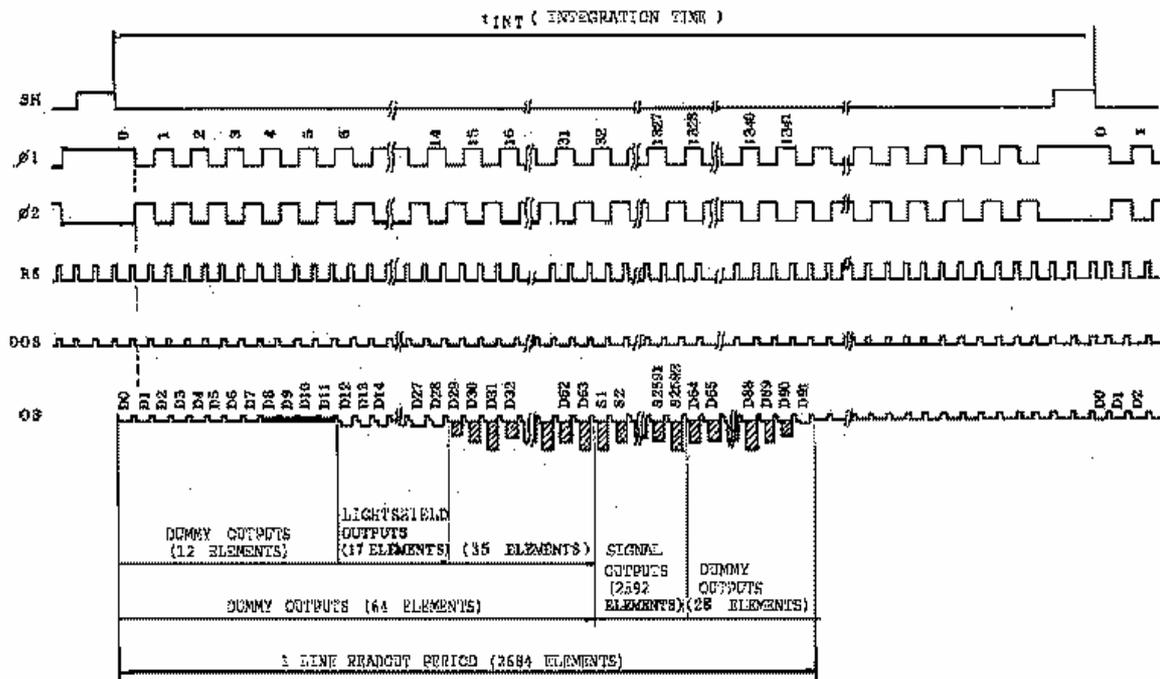


Рис. 4. Временная диаграмма работы ПЗС TCD103D

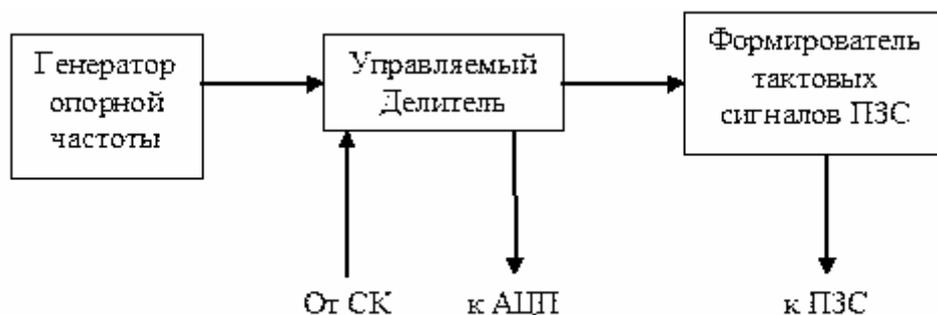


Рис. 5. Структурная схема генератора тактовых сигналов

Блок АЦП имеет два основных режима работы: сквозной и режим с записью в оперативную память.

При сквозном режиме работы преобразованный сигнал сразу отправляется на ПК. Этот режим используется при низкой скорости измерений (частота 125 кГц и ниже), так как канал обмена данными с компьютером имеет низкую пропускную способность. При тактовой частоте выше 125 кГц используется режим работы с записью в оперативную память. В этом случае система автоматически проводит несколько серий измерений, при этом оцифрованный сигнал записывается в статическое ОЗУ. По окончании процесса измерений результаты передаются на ПК. При таком режиме измерений максимальная тактовая частота для ПЗС может достигать 4 МГц.

## РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ВСПЕНЕННОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ.

Автор: Т.Ю. Сопикова – студентка гр. ТНМ – 01 АлтГТУ  
 Научный руководитель Е.А. Головина, к.т.н., доцент.

С каждым годом всё больше и больше уделяется внимание теплоизоляции зданий с целью экономии топливных ресурсов. Такие теплоизоляционные материалы как дерево, керамзит, минеральная вата, стекловата давно хорошо изучены. Вспененные пенопласты на основе термопластов и реактопластов имеют наиболее широкий диапазон изучений, и наиболее перспективный из них – пеноизол.

Пеноизол – это карбамидный пенопласт, основанный на получении вспененной массы воздушно-механическим способом. В его производстве используются такие компоненты как карбамидо-формальдегидная смола, пенообразователь, катализатор отверждения и вода.

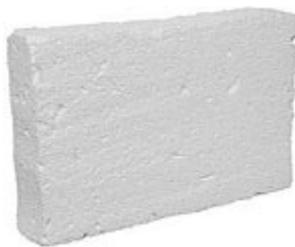


Рисунок 1 – Карбамидный пенопласт

Карбамидоформальдегидные смолы представляют собой негорючую, невзрывоопасную водную суспензию. Токсичность смолы обусловлена наличием в ней свободного формальдегида. Пенообразователь АБСФК – смесь натриевых солей алкилбензосульфокислот линейного строения, стабилизаторов пены, которые используются в процессе пенообразования. Является пожаровзрывобезопасным и экологически чистым продуктом. Кислота ортофосфорная при производстве пеноизола служит катализатором отверждения.

Технологический процесс выглядит следующим образом. Сначала готовится водный раствор пенообразователя и катализатора отверждения. Этот раствор, а также смола заливаются

в отдельные емкости, которые подсоединены шлангом к газожидкостной установке. К установке подключается компрессор. Затем подается сжатый воздух и через несколько секунд из подающего рукава начинает поступать суфлеобразная масса, которая заливается в формы. Формы должны быть разборными. Начальное отверждение пеноизола происходит в течении 30-40 минут. После этого формы необходимо распалубить для более эффективного удаления лишней воды. Приступать к резке можно через 3-4 часа. Режется пеноизол струной или леской без нагрева. Полученные листы укладывают на стеллажи в вертикальном положении для просушки. Время сушки зависит от температуры в помещении и наличия принудительного обдува и может составлять от 1 до 3 суток. При сушке выделяется формальдегид, поэтому помещение обязательно должно быть оборудовано вентиляцией.

Преимущества использования пеноизола по сравнению с другими материалами:

- 1) Пеноизол обеспечивает низкую стоимость конструкции при высоком качестве теплоизоляции и примерно в 4 – 5 раз сокращаются сроки выполнения работ. С применением этого материала получают дальнейшее развитие облегченные конструкции.
- 2) Пеноизол обладает высокими теплозащитными и звукоизолирующими свойствами.
- 3) Пеноизол не горюч: не способен к самостоятельному горению, не образует расплава, не выделяет под воздействием пламени токсичных веществ и образует в 10 раз меньше дыма, чем пенополистирол.
- 4) Пеноизол не поддается действию микроорганизмов, стоек к действию большинства агрессивных сред, органических растворителей, грибов.
- 5) Пеноизол может использоваться в широком диапазоне температур: от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ .
- 6) Пеноизол легко режется без нагрева любым режущим инструментом.
- 7) Пеноизол воздухопроницаем, при этом он не пропускает влагу внутрь помещения.
- 8) Пеноизол отличается от традиционных материалов особой мягкостью. Мягкость пеноизола - это важнейшее свойство, обеспечивающее его технологичность в строительстве.

В представленной проблеме, существующей в производстве пеноизола у фирмы ООО «Нормаль», решался вопрос об устранении хрупкости, сыпучести, высокой усадки и усадочных трещин, возникающих во время сушки пенопласта, вопрос о перерасходе компонентов, малой прочности готового изделия, высокого водопоглощения и неравномерности подачи массы из шланга.

Особенности воздушно-механического способа пенообразования требуют использования сильно разбавленных полимерных систем, содержащих значительное количество воды, удаление которой вместе с другими низкомолекулярными продуктами при отверждении и высушивании пенокомпозиции сопровождается развитием существенных усадочных деформаций и внутренних напряжений в структурных элементах пенопласта.

Содержание сухих веществ в смоле является важной характеристикой, определяющей степень усадки пенопластов: чем выше содержание сухого остатка, тем меньше усадка. Также лучше использовать смолы с меньшей вязкостью, т.к. они лучше смешиваются с другими компонентами и повышают кратность вспенивания. Высокая вязкость смол приводит к ухудшению качества пенопласта и понижению кратности вспенивания композиции. Увеличение вязкости смолы и совмещение её с водой может привести к коагуляции смоляной композиции.

Переход смолы из жидкого состояния в твердое (образование пеноизола) – это процесс «сшивки» соответствующих центров различных олигомеров, при этом образуются полимерные связи. Следует учитывать, что для различных смол при равных условиях количество образовавшихся связей различно. Например, для смол ВПС-Г и КФ-ХТП этот показатель наиболее высокий 95-96% (изначально в смолы введено вещество, выступающее «законсервированным катализатором», которое при введении ортофосфорной кислоты усиливает реагирующую активность олигомеров). Для смол КФЖ, М-3 и КФМТ этот показатель 87-93%. Именно этим обуславливается, что из ВПС-Г и КФ-ХТП материал получается менее сыпучим и более прочным (при равном расходе смол имеет место большее количество связей), вредных выделений меньше.

Сыпучесть пеноизола говорит о том, что кислоты много, а крошимость о том, что смолы мало. Как следствие необходимо увеличить расход смолы на 1 м<sup>3</sup> и уменьшить расход кислоты.

Для снижения хрупкости, усадки и улучшения структурообразования пеноизола в состав смоляной композиции вводят модифицирующие добавки в виде резорцина и синтетического латекса. А также используются пластификаторы, например, глицерин, дибутилфталат и др. Глицерин повышает водопоглощение, поэтому лучше использовать дибутилфталат, при этом он наиболее распространен и недорогой. Добавляются пластификаторы в исходную смолу в количестве, не превышающем 1%.

Компрессор должен быть производительностью не менее 500л/мин, иначе не будет достигнута необходимая кратность вспенивания, что повлечет за собой перерасход пенообразующего раствора и следовательно, повышение содержания влаги в конечном продукте. Давление воздуха подбирается непосредственно во время работы, т.к. здесь оказывает влияние вязкость смолы, марка пенообразователя, жесткость воды, длина шлангов, температура воздуха на месте заливки.

Минимальные усадочные деформации (в пределах 2-3% по линейным размерам) во время сушки возникают при температуре воздуха 20° С и влажности 50-60%. При этом нужно обеспечить равномерное высыхание всех граней плиты, чтобы предотвратить коробление.

Водопоглощение можно снизить до 4-5%, если при финишной обработке плит нанести на поверхность жидкое стекло. Технология обработки проста и не сильно удорожает производство.

Переход производства на смолу лучшего качества, одновременное добавление в неё определенного пластификатора, оптимизация величин соотношений компонентов, а также ужесточение условий сушки и наладка оборудования позволили добиться решения поставленных задач.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОСТНЫХ ИМПЛАНТАНТОВ

Автор: студентка гр. ТНМ – 01 АлтГТУ М. Н. Трунова  
Научный руководитель Е.А. Головина, к.т.н., доцент.

Хотя применение инородных небиологических материалов известно с давних времен, современное развитие этой проблемы тесно связано с успехами химии полимеров, так как последние обладают лучшим соотношением веса и механических, физических и химических свойств, чем, например, металлы и керамика. За последние 30 лет исследователи получили в распоряжение широкий ассортимент полимеров - эластичных и жестких, гидрофобных и гидрофильных. Многие из них стали объектом исследования на предмет применения в медицине. Однако исследования и усовершенствования большинства полимеров были весьма далеки от биомедицинского аспекта применения, а работ, связанных непосредственно с получением новых материалов для биомедицинских целей, практически не было вообще. Некоторые из применявшихся материалов по своим свойствам оказались весьма подходящими для изготовления искусственных органов, другие же использовались только в силу их доступности.

Переработка и стерилизация материала, вводимого в организм, также влияет на его характеристики. Углерод-углеродные композиты отвечают всем требованиям, предъявляемым как с точки зрения медицины, так и с точки зрения материаловедения.

Область применения синтетических полимеров весьма обширна - сосуды, сердечные клапаны, хрусталики и стекловидное вещество глаз, дренажные трубочки, сухожилия, материалы для косметических операций.

Важное значение имеет вопрос о понятии биосовместимости полимера с организмом. Речь идет не о физиологически активных полимерах, а об обычных полимерах для эндопротезирования. С учетом требований, сформулированных во многих работах, для полимерных эндопротезов, почти все полимеры являются биосовместимыми, за исключением канцерогенных и тех, что при деструкции в организме образуют вредные соединения. Под биосо-

вместимостью понимается выполнение полимерным протезом определенной функции в организме без вреда для него в течение заданного времени.

Углерод является одним из основных химических элементов, входящих в состав живых тканей, и поэтому углеродные материалы естественно использовать для имплантации в организм человека. Тем не менее, до последнего времени свойства углеродных материалов практически не были исследованы с этой точки зрения, и объясняется это тем, что ко времени появления интереса к материалам для хирургической имплантации технологи еще не могли получать углеродные материалы, механические свойства которых удовлетворяли бы медиков.

В настоящее время для замены кости используются композиты, армированные в одном или нескольких направлениях. Наилучшие прочностные характеристики имеют однонаправленные композиты, однако их можно использовать лишь в том случае, если ось нагружения совпадает с направлением укладки волокон. Следует отметить, что аналогичным образом устроены натуральные кости и, к примеру, направление трабекул в головке кости бедра человека совпадает с главными осями нагрузок. Следует заметить, что кость является живым материалом, который посредством клеточной активности постоянно реагирует на изменение нагрузки. Кроме того, кость обладает способностью залечивать микроразрушения. Поскольку направление армирования имплантируемого материала вряд ли может точно совпадать с главными осями нагрузки (которые к тому же в течение жизни изменяются), представляется, что наибольшую надежность имеют композиты с перекрестной схемой армирования. Кроме того, возможность использования однонаправленных композитов затрудняется очень сложным распределением нагрузок в кости. Использование перекрестно-армированных композитов приводит к некоторому снижению прочности, но гарантирует надежную работу материала под действием крутильных и поперечных растягивающих сил. Прочность и модуль упругости композита пропорциональны степени армирования материала, поэтому для повышения этих свойств композита стараются получить максимально возможную степень армирования. Если требуется варьировать свойства материала, то этого можно добиться путем использования различных типов волокон (например, высокопрочных или высокомодульных).

Высокие прочность и пористость, самосмазываемость, уникальная биосовместимость, длительная работоспособность в условиях биологической среды, высокая усталостная прочность, тромборезистентность, отсутствие нежелательных реакций тканей организма на имплантаты и продукты их износа - отличительные особенности новых углеродных материалов для эндопротезирования. Широкий спектр новых материалов-углепластиков и углеродокерамики позволяет изготавливать эндопротезы для восстановительных функций тазобедренного и коленного суставов, сращения больших трубчатых костей, фиксации искусственных связок и т.д.

Литература:

- 1) Полимеры медицинского назначения: Пер. с япон./ Под ред. СЭНОО МАНАБУ. - М. Медицина, 1981, 248 с.
- 2) Прикладная механика композитов. Сб. ст. пер. с англ./ Под ред. Тарнопольского Ю.М. - М.: Мир, 1989, 358 с.
- 3) Углеродные волокна и углекомпозиты./ Под ред. Фитцера. - М.: Мир, 1988, 336 с.
- 4) Золкин П.И., Юдина Т.В. Биосовместимые углеродные материалы.// Перспективные материалы. - 2000г. - №4 - С. 48 - 53.

## ПРОГНОЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Автор: студент гр. ТНМ –11 А.Г. Туисов  
Научный руководитель: д.т.н., проф. В.Б. Маркин

Предлагается метод расчета показателя преломления и на его основе расчет плотности химических веществ с использованием структурных формул и рассчитываемых по методу Аскадского А. А. объемов молекул, рефракции по Фогелю и предлагаемому нами способу расчета показателя преломления. По структурной формуле вычисляется объем молекулы, а по объему молекулы вычисляется показатель преломления для данного органического соединения. Используя эти данные, по предлагаемой нами закономерности вычисляется плотность и плотность упаковки. Рефракция и молекулярная масса считается из структурной формулы вещества.

На основе полученного значения удельной массы можно получить представление о строении данного вещества, оценить его возможности по перспективному использованию в науке и технике. Большой интерес для современной науки и техники представляет определение на основе знания показателя преломления удельной массы индивидуального химического вещества, поскольку это знание позволяет проводить предварительные поисковые расчеты с целью повысить дальность полета снарядов, баллистических ракет и самолетов, а также выбирать пути синтеза соответствующих новых веществ для аэрокосмической промышленности.

Немало важен тот факт, что при разработки и создании композиционных материалов на основе полимерных связующих, большое внимание уделяется прогнозированию физико-химических и физико-механических характеристик полимерных матриц, модификаторов, отвердителей и ускорителей отверждения. Знание плотности композиции, полученное на основе показателя преломления, позволяет определить ее реологические характеристики, которые являются важнейшими технологическими параметрами при создании полимерных композиционных материалов.

Оптимальная разработка процессов химической технологии и аппаратуры для их проведения возможна лишь при наличии надежной информации по физико-химическим параметрам химических соединений, в частности наиболее сложно определяемым показателю преломления и удельной массе вещества, поверхностное натяжение, вязкость, диэлектрическая проницаемость, плотность упаковки и т.д.[1]

Самостоятельную ценность представляет и собрание характеристических констант для 225 индивидуальных химических веществ, а также расчет ранее неизвестных инкрементов для определения собственного объема молекул[2].

В научной литературе, изучающей плотность химических веществ, не существует работ, посвященных поиску путей, определяющих влияние различных факторов на прогноз плотности неизвестных ранее соединений, поэтому, разработанное в данной работе направление обладает очевидной новизной.

Знание показателя преломления химических веществ позволяет найти путь к прогнозу большинства физических характеристик химических соединений. Особый интерес представляют энергетические и термодинамические физические величины, поскольку значение удельной массы определяется равновесием между стремлением диссоциировать в результате воздействия параметров среды и стремлением образовать более прочную связь в связи с межмолекулярным взаимодействием. Равнодействующей этих двух процессов является объем молекул. Особую сложность в этом процессе представляет тот факт, что каждая молекула имеет свою индивидуальную форму, влияющую на молекулярный объем и, трудно определяемое без квантово-химических расчетов, распределение электрических зарядов внутри молекулы.

Расчет показателя преломления органических веществ может быть произведен, как на основе экспериментальных данных, так и из структурной формулы соединения. Имея рефрактометр, можно получить точнейшую плотность вещества. В сущности, мы имеем новую

методику микроопределения плотности химических веществ, когда по одной капле жидкости (30 мг) находят на рефрактометре показатель преломления. И по предложенной формуле рассчитывается удельная масса, плотность упаковки, диэлектрическая проницаемость, вязкость, поверхностное натяжение любого индивидуального химического вещества.

Формула для расчета показателя преломления  $n$  зависит от объема молекулы  $V_m$ , – это сумма инкрементов атомных объемов рассматриваемого вещества. В отличие от метода Ланде-Уитгера [3], который имеет расхождение до 60-70%, формула, полученная нами для показателя преломления, имеет коэффициент корреляции 0,99700, среднюю погрешность которой с использованием поправочного коэффициента  $W_0$ , основанного на расчетных данных, составляет 1,22 %

Изучив литературу [4,5], для расчета плотности химического вещества была получена зависимость критерия плотности вещества  $\rho \cdot R/M$  от показателя преломления. Полученная зависимость для 225 веществ в максимально широком диапазоне плотности вещества, и коэффициент корреляции равен  $R = 0,99997$ . Ошибка зависимости равняется 0,05%. Тангенс угла наклона  $K = -2,39481255$ , а свободный член  $B=2,07928238$ . Исходя из полученного результата, мы можем предложить закономерность для расчета плотности вещества в зависимости от рефракции, молекулярной массы и показателя преломления.

Для проверки точности и надежности полученного уравнения нами по экспериментальным данным был построен график, представляющий собой зависимость экспериментальной плотности от плотности рассчитанной. График представляет собой прямую линию идущей фактически из начала координат ( $\Delta B = -0,32171924$  очень мало) с тангенсом угла наклона  $k=0,74457521$ . Статистическая обработка, показала сравнительно высокую точность расчета. Ошибка с экспериментальным показателем преломления равна 0,44%, а с использованием расчетных значений  $n_D$  меньше 6%, а максимальное отклонение не превышает 10%, что превосходит показатели всех авторов, приведенных в литературном обзоре. Причем диапазон изученных характеристик и объем изученных классов соединений превосходит изученный ранее материал.

Итогом данной работы является нахождение более точного метода расчета показателя преломления, удельной массы и плотности упаковки по структурной формуле химического вещества.

Работа позволяет на основе экспериментального показателя преломления определить плотность химических веществ, вязкость, поверхностное натяжение, диэлектрическую проницаемость и предсказать оптические и физико-химические свойства в широком диапазоне в частности для 26 классов химических веществ.

Список литературы

1. Наука, Культура, Образование. №6/7, 2000.
2. Материалы и технологии 21 века, ЦЭИ “Химмаш”, Москва 2000.
3. Столяров Е.А. Орлов Н.Г. Расчет физико-химических свойств жидкостей. “Химия”. Москва. 1976.
4. Китайгородский А.И. Органическая кристаллохимия. ”Академия наук СССР”. 1955
5. Карапетьянц М.Х.. Дракин С.И. Строение вещества. “Высшая школа”. Москва. 1978.

## МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМЕРОВ ЭПОКСИДНОЙ ГРУППЫ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ.

Автор: Хвостов С.А. студент гр. ТНМ – 01 АлтГТУ  
Научный руководитель: Ананьева Е.С., к.т.н., доцент

Целью данной работы было исследование влияния технологии совмещения модифицированной дисперсными частицами полимерной матрицы с основным волокнистым наполнителем на трещиностойкость материала.

Главные задачи при получении изделий из полимерных композиционных материалов за-

ключаются в правильном подборе материала матрицы и наполнителя, в определении рациональной структуры материала, с учетом особенности его поведения в условиях переработки. Правильная технология совмещения компонентов обеспечивает эффективную реализацию свойств материала в изделии (конструкции).

Особенности формирования композита – адгезионное взаимодействие связующего с поверхностью наполнителя, повышение вязкости до весьма больших величин в ходе процесса, вплоть до стеклообразного состояния, малые толщины полимерной матрицы – влияют на характер изменения объема, превращая его в сложный релаксационный процесс.

Усадка при отверждении полимерной составляющей является причиной возникновения напряжения сжатия на границе с волокном. Если усадка значительна, а жесткость полимера велика, то такие напряжения могут явиться причиной образования микротрещин, расслоений и даже деформации волокна

Частицы наполнителя, образующие суспензию в наполняемой среде, способствуют развитию в ней пространственной структуры даже при малых степенях объемного заполнения, значительно повышая прочность этой структуры, образуя в ней узлы – центры ее развития вследствие адсорбционных сил поверхности частиц наполнителя.

Введением наполнителей решают материаловедческие, технологические и технико-экономические задачи.

На прочность волокнистых наполнителей решающее влияние оказывает межфазная граница раздела и в первую очередь прочность сцепления волокон с полимерным связующим.

На формирование и состояние межфазной границы раздела оказывает влияние физико-химическая и термомеханическая совместимость компонентов, образующих композит.

Наполнение 0,1 объемным процентом приводит к увеличению динамического модуля сдвига в полтора раза, при этом без изменения останутся диссипативные характеристики и температура главного релаксационного перехода. Эти данные свидетельствуют о том, что в системе, возможно, произошла досшивка структурной сетки, и изменилась ее топология.

В полимере, модифицированном ультрадисперсными синтетическими алмазами при степени наполнения 0,05 объемных процентов, наблюдается увеличение значения максимума тангенса угла механических потерь, падение значения динамического модуля сдвига и уменьшение степени структурной неоднородности. На основании этого можно предположить, что данная система будет обладать большей деформативностью и демпфирующей способностью по сравнению с ненаполненной системой.

Выбор данных систем в качестве оптимальных обусловлен следующими причинами: из полученных экспериментальных данных можно предположить, что введение УДА-С в количестве 0,05 объемного процента приводит к значительному снижению динамического модуля сдвига (это возможно приведет к повышению деформативности связующего), при этом увеличиваются демпфирующие характеристики и структура становится более однородной; содержание УДА-С 0,1 объемного процента приводит к увеличению модуля сдвига в полтора раза, при этом температура стеклования системы и демпфирующие характеристики остаются на уровне не наполненного связующего.

При комбинировании наполнителей различной природы и геометрии, при степенях наполнения дисперсной фазы порядка 0,1 объемных процента отчетливо проявляется синергетический эффект, что не характерно для традиционных методов модификации. Это приводит к возможности сочетания в композиционном материале высоких упругих и высоких диссипативных свойств, позволяющих повысить реализационную прочность основного непрерывного наполнителя и долговечность конструкций из ПКМ.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция "Новые материалы и технологии"

1. Бледнов В.А., Гуляев П.Ю., Калачев А.В. Детектор теплового излучения на основе пироэлектрического приемника МГ-30. 3
2. Гуляев П.Ю., Зацепин К.В., Лапшин К.В. Стимулирование низкоэкзотермической волны горения СВС электрическим током 5
3. Клочков А.В. Измерение дисперсного состава потока распыленной жидкости аэроседиментационным методом. 6
4. Ананьева Е.С., Ковбель Д.А. Теоретические аспекты обработки поверхности полимеров плазмой. 9
5. Головина Е.А., Ларичева О.Н. Влияние реакционной среды при модификации поверхности наполнителя высокоэнергетичными излучениями. 10
6. Гуляев П.Ю., Мануйлов А.М., Лапшин К.В. Моделирование структур упаковки порошковых систем Ni-Al. 13
7. В.Б. Маркин, Павлова А.Н. Технология совмещения ультрадисперсных частиц с полимерной матрицей 15
8. Гуляев П.Ю., Паршин А.В. Компьютерная диагностика функционального состояния коленного сустава методом акустической эмиссии. 16
9. Головина Е.А., Попова Е.А., Попов В.С. Проектирование КМ для производства облицовочной фасадной плитки. 17
10. Ананьева Е.С., Ретюнская А.Н. Проектирование материала несущих конструкций с размерной стабильностью 19
11. Ананьева Е.С., Рогалев А.В. Разработка геометрической модели анизотропной структуры с комбинированным наполнителем. 20
12. Иордан В.И., Родионов К.Ю., Паршин А.В. Матричный имитатор теплового излучения системы разнородно нагретых частиц. 21
13. Ананьин С.В., Сидякин А.Ю. Плазменная полимеризация и плазменная обработка полимеров. 23
14. Маркин В.Б., Скурыдин Ю.Г., Скурыдина Е.М. Влияние добавления полиэтиленовой пленки на физико-механические свойства древеснопластиков. 24
15. Гуляев П.Ю., Иордан В.И., Соловьев А.А. Автоматизированный комплекс спектрального анализа на базе линейного ПЗС. 25
16. Головина Е.А., Сопикова Т.Ю. Разработка рецептуры вспененной композиции для создания строительных панелей. 27
17. Головина Е.А., Трунова М.Н. Проектирование композиционного материала для производства костных имплантантов. 29
18. Маркин В.Б., Туисов А.Г. Прогноз физико-химических характеристик химических веществ в зависимости от показателя преломления . 31
19. Ананьева Е.С., Хвостов С.А. Модификация полимеров эпоксидной группы ультрадисперсными частицами. 32