

# **ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ**

МГУ им. М.В.Ломоносова, кафедра ВМС.

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к учебной программе дисциплины

«Основы технологии получения и переработки полимеров»

Целью изучения курса «Основы технологии получения и переработки полимеров» является формирование у студентов знаний и навыков необходимых для анализа процессов, протекающих при переработке полимерных материалов в изделия.

В результате прохождения данного курса студенты усваивают:

- основные положения полимерного материаловедения (в основе которого лежат представления физики и химии полимеров);
- принципы создания полимерных композиционных материалов;
- основы технологии переработки полимеров (пластиков и эластомеров) в изделия.

## **ПРОГРАММА КУРСА**

Лекция 1.

Введение.

Полимеры как универсальные конструкционные материалы. Металлы, керамики и полимеры - структура и особенности свойств. Преимущества и недостатки материалов на основе полимеров. Особенности физико-механических свойств полимерных материалов, зависимость деформации при механическом воздействии от температуры. Хрупкое, стеклообразное, высокоэластическое и вязкотекучее состояние полимеров, проявление вязкоупругих свойств. Прочностные показатели и оценка долговечности изделий из пластмасс. Эластомеры - как особый класс материалов.

Две основных задачи, решаемые при переработке полимеров:

- создание материала с заданной структурой и свойствами;
- придание материалу заданной конфигурации (формирование изделия).

## Лекция 2.

Классификация полимерных материалов по химическому составу, физико-механическим и технологическим свойствам. «Традиционные» конструкционные материалы и материалы со специальными свойствами, в т. ч. каучуки и резины.

Карбоцепные термопласты: ПЭ (ПЭНД, ПЭВД, ПЭСД, ЛПЭНП и т.д.), ПП и его сополимеры, ПС и его сополимеры (АБС, УПС), ПВХ, ПММА, сополимеры блок- и статистические с возможностью тонкой регулировки технологических и эксплуатационных свойств и т.д. Полиэфиры: ПФ, ПЭТФ, ПК, ПФО, ПАр, ПЭЭК; полиамиды: ПА-6, ПА-12, фенилон, кевлар, серосодержащие: ПФС, жидкокристаллические и др.

Наиболее распространённые типы реактопластов, их получение, свойства и механизм отверждения: аминопласты, фенопласты, полиэфирные смолы, эпоксидные олигомеры, фурановые смолы; элементоорганические связующие и др.

## Лекция 3.

Старение полимеров и их стабилизация. Причины, приводящие к старению. Механизм действия стабилизаторов: термоокислительная деструкция и антиоксиданты, светоозонное старение и фотостабилизаторы, термодеструкция и её ингибиторы, радиационное старение и антирады, химическая стойкость, биodeградация. Пластификация полимеров и пластификаторы. Механизмы пластификации. Правило Журкова и правило Каргина-Малинского. Пластизоли и их особенности.

Принципы создания композиционных полимерных материалов.

Типы композитов (по Мэнсону-Сперлингу) и особенности их структуры. Смеси полимеров, структура и свойства. Фазовые диаграммы смесей полимеров (ВКТС, НКТС, бинадаль, спинодаль, метастабильная область).

## Лекция 4.

Ударопрочные материалы и механизм их разрушения. Наполнение полимеров и создание полимерных композитов. Виды наполнителей (дисперсных и волокнистых) и их основные свойства: форма и размер частиц, удельная поверхность, способность к упаковке, ориентация. Параметры структуры композитов (межчастичное расстояние, свободный объём, критическая длина волокна). Создание ПМ и ПКМ с комплексом заданных свойств: высокомодульные и высокопрочные, негорючие и трудногорючие, антифрикционные и фрикционные, электропроводные, теплопроводные и теплоизолирующие, высоконаполненные, вспененные.

### Лекция 5.

Основные процессы, определяющие переработку полимеров. Тепловые процессы и их основные закономерности. Уравнение Фурье (теплопроводность), уравнение Ньютона (конвекция), уравнение Стефана Больцмана (лучистый теплообмен).

Процессы течения полимерных материалов при переработке. Законы сохранения (массы, импульса, энергии) и их следствия. Уравнения Коши и Навье-Стокса. Прикладная реология. Ньютоновские и неньютоновские жидкости, особенности их течения. Типы приборов, применяющихся для анализа реологических свойств полимеров. Оценка реологических свойств полимерной жидкости методом капиллярной вискозиметрии.

### Лекция 6

Реологические свойства дисперсно-наполненных полимерных материалов. Процессы смешения в переработке полимерных материалов. Оценка качества смешения при получении дисперсно-наполненных материалов.

Процессы химических превращений. Уравнение действующих масс (ВантГоффа). Константы скорости и порядок реакции, методы их оценки для смол и мономеров. Реокинетика полимеризации и поликонденсации. Фазово-релаксационная диаграмма и анализ процессов отверждения олигомеров и резин.

### Лекция 7.

Классификация методов переработки полимеров. Переработка текучих полимерных материалов в зависимости от вязкости. Переработка полимеров в высокоэластическом и стеклообразном состоянии. Процессы, идущие без давления, под малым давлением, под средним и высоким давлением. Непрерывные и периодические процессы.

Прессование пресс-порошков и стеклотекстолитов. Компрессионное (прямое) и трансферное (литьевое) прессование. Особенности конструкции оборудования, пресс-форм и типы изготавливаемых изделий. Расчёт времени прессования и времени отверждения пресс-порошка. Особенности прессования стеклотекстолитов и волокнитов. Вулканизация резин в прессах.

### Лекция 8.

Каландрование. Технологическая схема процесса. Классификация каландров. Особенности конструкции каландров. Анализ течения расплава полимерного материала в

зазоре между валками каландра. Обкладка и дублирование, переработка пластикатов ПВХ на каландрах. Вальцевание каучуков и его особенности.

#### Лекция 9

Получение пленок поливом (из растворов, из олигомеров). Схема получения и технологические параметры процессов. Прядение волокон (мокрое, сухое). Схема получения и технологические параметры процессов. Заливка компаундов. Схема процесса. Пропитка (из раствора, из расплава). Схема процесса. Пропитка под вакуумом.

Изделия, получаемые намоткой волокон. Схема процесса и виды оборудования. Оценка величины угла намотки на примере тонкостенного армированного цилиндра.

#### Лекция 10.

Пластизоли и латексы. Их структура (различия). Желатинизация и сплавление пластизолей. Формование маканием в пластизоль или латекс. Ротационное формование. Виды изделий, изготавливаемых из латексов и пластизолей.

Высоконаполненные композиты (полимербетоны). Принципы создания высоконаполненных композиций. Смещение, формование, отверждение и их особенности. Виды оборудования и сырья, технологические параметры. Виброформование высоконаполненных композитов (полимербетонов).

#### Лекция 11.

Процесс экструзии. Экструдер и его зоны. Характеристика зоны питания (движущие силы и производительность). Характеристика зоны плавления (пробка из гранул и переход материала в жидкое состояние). Характеристика зоны дозирования (прямой и обратный поток, распределение скоростей). Уравнение производительности экструдера. Головки экструдера, их типы и назначение. Анализ течения полимерного материала в формующем канале экструзионной головки на примере канала круглого сечения. Рабочая характеристика головки. Рабочая точка экструдера. Калибрующее устройство при экструзии, принцип действия. Примеры применения экструзионных технологий. Экструзия многослойных плёнок. Штрангпрессование реактопластов.

#### Лекция 12.

Процесс литья под давлением. Литьевые машины, принцип действия и устройство. Схема процесса, типы полимеров, перерабатываемых методом литья и технологические параметры процесса. Анализ процесса заполнения литьевой формы расплавом

термопласта при литье под давлением. Особенности структуры кристаллических и аморфных полимеров в изделиях, полученных методом литья. Процесс теплопередачи при охлаждении изделия в форме для литья под давлением. Расчёт времени цикла и его составляющих (времени выдержки под давлением и времени охлаждения). Литьё под давлением реактопластов и его особенности.

#### Лекция 13.

Процессы переработки полимеров в высокоэластическом состоянии. Раздув и ориентация плёнок. Схема процесса. Степень раздува и вытяжки и их влияние на свойства плёнок. Типы плёнок и виды сырья.

Раздувное формование (полые изделия). Схема процесса. Цикл и его составляющие. Типы изделий и виды сырья.

Пневмо-вакуум формование. Схема процесса. Цикл формования и его составляющие. Типы изделий и виды сырья.

#### Лекция 14.

Напыление плёнок, окраска и металлизация полимеров. Напыление полимерных плёнок, в том числе в электрическом поле и псевдооживленном слое. Ротационное формование из порошков полимеров. Центробежное формование изделий. Окраска полимеров. Красители и пигменты. Окрашивание на стадии синтеза и в расплаве. Поверхностное окрашивание полимерных плёнок. Методы активации поверхности. Металлизация полимеров.

Сварка полимеров. Методы сварки (диффузионные, высокочастотные, газовые, фрикционные, химические).

Примеры комплексных технологий переработки полимеров (на примере технологии получения резиновых изделий). Общая схема процесса производства автомобильных покрышек. Подготовка и смешение. Резиносмесители. Пропитка корда. Каландрование и обкладка ткани. Шприцевание заготовок. Шприцмашины. Сборка изделий (автопокрышек). Вулканизация резин. Форматоры и автоклавы.

#### Литература

##### Основная

1. Основы технологии переработки пластмасс /Под ред. Кулезнева В.Н., Гусева В.К.- М.: Химия,-2004 г. - 600 с.

## Дополнительная

2. Тадмор Э., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. М.: "Химия", - 1984 г. – 632 с.
3. Производство изделий из полимерных материалов: Учебн. пособие/ В.К.Крыжановский, М.Л.Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко. - СПб: Профессия, 2004.- 464 с.
4. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие. – Л.: Химия, 1983. – 288 с.
5. Чанг Дей Хан Реология в процессах переработки полимеров. М.: Химия. - 1979.- 368 с.
6. Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. СПб.: Профессия, 2007. – 560 с.
7. Мэнсон Дж., Сперлинг Л. Полимерные смеси и композиты. М.: Химия., 1979. – 420 с.
8. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров.- М.: Химия, КолосС, 2005. - 568 с.
9. Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. - М.: Химия. - 1993. - 352 с.
10. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. М.: Химия – 1986. – 488 с.