

# **АННОТАЦИЯ ПРОГРАММЫ**

**дисциплины**

**«ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ»**

**направление подготовки  
(специальность)**

**240100.62 «Химическая технология»**

**профиль «Технология и переработка полимеров»**

# ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРОВ

## Аннотация

**Цель освоения дисциплины:** Формирование способности понимать физико-химическую суть процессов переработки полимеров и использование теоретических знаний в комплексной инженерной деятельности, способности выполнять расчеты физико-химических параметров процессов переработки полимеров на основе исследования реологии, вязкости и других свойств полимеров. Формирование творческого мышления, объединение теоретических знаний физико-химии полимеров с последующей обработкой и анализом результатов исследований переработки полимеров и навыков самостоятельной постановки и проведения теоретических и экспериментальных физико-химических исследований.

**Общая трудоемкость дисциплины** составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

### Содержание дисциплины

1. Введение. Интенсивность использования полимеров – дальнейшее развитие научно-технического прогресса. Примеры применения ПМ. Преимущества полимерных материалов по сравнению с другими. Уникальный комплекс свойств полимеров. Создание качественно новых материалов для конкуренции с традиционными материалами. Полимерные композиционные материалы, особенности их переработка и эксплуатации. Основные задачи в области переработки. Вопросы усовершенствования существующих технологических процессов переработки пластмасс. Прогнозирование надежности и долговечности полимерных изделий. Экономический эффект от применения полимерных материалов.

2. Классификация методов переработки полимеров. Переработка полимеров как часть общей науки о переработке полимеров. Учение о переработке полимеров – как химическая дисциплина. Современное определение переработки полимеров. Составление композиции важный этап переработки полимеров.

Классификация методов переработки полимеров (по их назначению, по исходному состоянию при переработке, по физико-химическим процессам).

3. Основные физико-химические, реологические и технологические характеристики полимеров. Связь технологии переработки с фазовым и физическим соотношением полимеров.

Роль и значение физических характеристик полимеров. Термомеханический метод анализа для оценки перерабатываемости полимеров Дифференциально – термический анализ полимеров. Теплофизические свойства полимеров. Основные особенности термических свойств полимеров в связи с их физическим строением. Длительная

термостойкость полимеров. Теплостойкость полимеров и методы ее определения для термопластов и реактопластов.

Фазовое состояние полимеров и влияние условий переработки на структуру и свойства полимеров.

Регулирование свойств полимеров в процессе переработки. Пути регулирования структуры полимеров: температурно-временной и введение структурообразователей. Введение наполнителей и пластификаторов. Особенности строения кристаллизующихся и аморфных полимеров. Долговременная прочность и анализ структурной составляющей.

Ориентированное состояние полимеров.

Физическое состояние полимеров и структура ориентированного полимера. Различие между ориентированной и вытянутой структурой. Способы создания ориентированного состояния.

4. Технические свойства пластмасс. Основные технологические свойства пластмасс и их значение для выбора метода переработки и расчета технологических параметров.

Текучесть термореактивных полимеров, методы определения (метод Рашига, пластометр Канавца, капиллярный вискозиметр), их преимущества и недостатки.

Скорость отверждения полимеров (ПМ), время пребывания термореактивных материалов в вязкотекучем состоянии. Оценка текучности термопластичных полимеров. Определение реологических свойств на ротационных и капиллярных вискозиметрах. Индекс расплава полимеров. Методы его определения. Влажность прессматериалов, методы определения. Объемный коэффициент пластмасс, удельный объем, насыпной вес. Дисперсность и однородность пресспорошков. Таблетируемость и ее значение. Усадка материалов при переработке. Анизотропия усадки. Усадка изделий из реактопластов и ее причины. Усадка изделий из термопластов и ее причины. Зависимость плотности термопластов от температуры при различных давлениях. Модифицированное уравнение состояния. Использование уравнения для описания зависимости усадки от различных параметров. Методы определения усадки.

5. Теоретические основы переработки полимеров. Основные понятия – модуль вязкой жидкости Ньютона, закон Ньютона-Стокса, закон Гука, время релаксации и ее физический смысл, время релаксации в зависимости от природы вещества, релаксация напряжений. Понятие о запаздывании среды на изменение приложенной нагрузки. Пластичность и ползучесть. Общее понятие науки - реология.

Наука – реология в применении к поведению полимеров. Два вида деформации – сжатие и расширение. Коэффициент Пуассона. Идеально упругое тело и идеальная жидкость. Упругая деформация, течение идеальных жидкостей.

Общие понятия о реологических системах. Вязкие, вязкоупругие и тиксопропные жидкости. Взаимосвязь напряжения и скорости сдвига, основные уравнения, применяемые для описания напряжения от скорости

сдвига. Кривые течения. Основные закономерности течения расплавов полимеров. Степенное уравнение зависимости напряжения от скорости сдвига для расплавов полимеров, анализ уравнения, определение степени неньютоновского поведения. Эффективная вязкость расплавов полимеров, зависимость вязкости от скорости сдвига, температуры (расчет энергии активации вязкого течения расплавов полимеров и ее значение для переработки) и давления. Проявление тиксотропии и вязкоупругих свойств при течении расплавов полимеров. Механические модели, применяемые для описания вязкоупругих свойств. Эластическое восстановление (коэффициент разбухания). Нормальные напряжения (эффект Вайссенберга). Неустойчивое течение расплавов полимеров.

6. Изготовление изделий из полимеров методом экструзии. Область применения. Технологические процессы производства пластмассовых изделий на базе экструзии. Основные характеристики экструдеров. Сущность процесса экструзии: принцип работы загрузки и закономерности движения полимера в зоне загрузки; сжатие и движение полимера в зоне плавления, закономерности течения расплава в зоне дозирования.

Изготовление труб, основные технологические параметры, применяемые экструзионные машины, режимы экструзии различных полимеров. Применяемые конструкции формующих головок. Способы выравнивания скорости течения расплава в формующих головках. Способы калибровки труб: сжатым воздухом, вакуумом. Охлаждение и контроль качеств.

Изготовление пленок, разновидность методов (рукавный метод и щелевой). Их преимущества и недостатки, технологические параметры. Конструкции применяемых головок. Способы охлаждения пленки. Влияние различных факторов на качество пленки. Ориентация пленки.

Изготовление полых выдувных изделий. Экструзионный метод, технологические параметры. Способы подвода воздуха, конструкции головок и форм.

7. Изготовление деталей литьем под давлением. Сущность литья под давлением термопластов. Основные стадии процесса. Интрузия, инжекционное прессование. Дозирование материала, плавление. Термический КПД. Цикл формования при литье. Влияние давления и времени выдержки под давлением на процесс и качество деталей. Уравнение состояния, усадка при литье. Особенности литья под давлением. Значение размеров литниковой системы, режимы заполнения формы. Охлаждение формы, влияние скорости охлаждения на структуру полимера в изделии. Остаточные напряжения, возникающие при литье под давлением. Приемы для частичного снятия напряжений. Особенности литья различных термопластов.

8. Прессование термореактивных материалов. Процессы, происходящие при прессовании. Способы прессования. Подготовка пресс-материалов: таблетирование, предварительный подогрев. Различные способы нагрева, суть высококачественного нагрева. Факторы, обуславливающие его применение.

Компрессионное (прямое) прессование. Стадии процесса. Подпрессовки и их значение. Цикл формования, режимы прессования. Влияние основных факторов на процесс прессования. Влияние температуры прессования на время заполнения формы пресс-материалом и на качество изделия. Диаграмма распределения давления в формах. Виды брака, причины брака, устранение брака. Преимущества и недостатки компрессионного метода прессования.

Литьевое прессование. Особенности литьевого прессования и область применения. Выбор технологических параметров литьевого прессования: температуры, давления, времени отверждения.

Пути повышения производительности прессования – прессование на прессах с постоянной оснасткой, роторных линиях, автоматических прессах.

Использование отходов реактопластов.

Переработка реактопластов методом литья под давлением. Особенности технологического процесса и его особенности. Впрыск материала. Выдержка под давлением и при отверждении.

9. Формование изделий из листов. Сущность процесса формования. Классификация в зависимости от способа создания давления: механическое, пневмоформование, вакуумформование; по методу формования и по применяемому формирующему инструменту. Технология формования. Нагревание. Максимальная кратность вытяжки. Зависимость качества изделия от температуры формования. Разнотолщинность изделий и методы ее уменьшения. Охлаждение изделий. Основные методы: штампование, пневмоформование и его разновидность, вакуумформование, комбинированное формование.

10. Переработка полимеров на валковых машинах. Основы переработки полимеров вальцеванием и каландрованием, область применения. Течение расплавов полимеров в зазоре между валками. Получение пленок и листов каландрованием, технологические схемы, влияние технологических параметров на качество пленки. Технологические параметры при каландровании различных полимеров.

11. Механическая обработка изделий из пластмасс. Виды механической обработки пластмасс. Случаи применения механической обработки. Особенности механической обработки пластмасс.

Доработка деталей из пластмасс, применяемые методы и оборудование, особенности удаления литников с деталей из терморепактивных и термопластичных материалов. Удаление облоя в галтовочных барабанах. Отделка деталей из пластмасс.

12. Производства изделий из стеклопластиков. Классификация полимерных композиционных материалов: наполненные дисперсными или волокнистыми наполнителями, армированные и смеси полимеров. Классификация наполнителей. Принцип получения полимерных композиционных материалов. ПКМ – как гетерогенные двухфазные системы. Понятие межфазных слоев. Конформация макромолекул, адсорбированных на твердой поверхности. Строение адсорбционных слоев полимеров.

Значение адгезии к твердым поверхностям. Основные теории адгезии при анализе процессов на межфазной границе. Механизм формирования адгезионного соединения. Структура и свойства поверхностных слоев полимеров. Молекулярная подвижность макромолекул вблизи границы раздела и ее значение на механические свойства ПКМ. Термодинамический подход к описанию явления адгезии на поверхности раздела. Пути повышения прочности адгезионного соединения. Релаксационные процессы в межфазных слоях и остаточные напряжения. Характеристика остаточных напряжений.

Особенности формования изделий из стеклопластиков. Две группы методов формования изделий из стеклопластиков. Технологические свойства стекловолоконистых наполнителей и связующих: деформационные и фильтрационные характеристики наполнителя и вязкостные свойства связующих. Технологические параметры различных методов формования. Контактное формование, формование с эластичной диафрагмой, формование с пуансоном, метод напыления, центробежное формование, метод намотки, изготовления слоистых пластиков. Свойства и области применения армированных пластиков.

13. Сварка пластмасс. Сущность сварки. Виды сварки пластмасс – газовая, термоимпульсная, расплавом полимера, токами высокой частоты, ультразвуковая.

14. Склеивание пластмасс. Теоретические представления о склеивании пластмасс. Технология склеивания. Подготовительные и основные операции при склеивании. Склеивание термопластов. Склеивание реактопластов. Методы измерения адгезии.

15. Конструирование изделий из полимеров. Рекомендации по выбору материалов. Требования к свойствам конструкционных материалов. Характеристика некоторых свойств полимеров. Исходные данные для конструирования. Ползучесть полимеров. Изохронные кривые деформации – напряжение, изотермические кривые напряжения – время. Влияние температуры. Упругое восстановление, релаксация напряжений. Другие виды долговременных испытаний. Кратковременное нагружение и разрушение. Периодическое нагружение. Прочность полимеров. Поведение пластмасс при ударных нагрузках. Использование результатов физико-механических испытаний пластмасс для конструирования изделий.

16. Техника безопасности при переработке полимеров. Общие положения. Характер травматизма на предприятиях по переработке пластмасс. Безопасность технологических процессов и оборудования в производстве по переработке полимеров.

17. Охрана окружающей среды при переработке полимеров. Общие положения. Защита атмосферы от вредных выбросов. Очистка воздуха от пыли и газообразных примесей. Защита водоемов от вредных примесей. Утилизация и обезвреживание отходов.

### Основная литература

1. В.М. Сутягин, А.А. Ляпков Основы проектирования и оборудование производства полимеров. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ. – 2005. – 392 с.
2. Н.А. Козулин, А.Я. Шапиро, Р.К. Гавурина. Оборудование для производства и переработки пластических масс. – Л.: ГХИ, 1963. – 784 с.
3. Н.И. Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. – М.: Химия, 1986. – 488 с.
4. Техника переработки пластмасс / Под ред. Н.И.Басова и В.Броя. – М.: Химия, 1985. – 528 с.
5. В.Г. Бортников. Основы технологии переработки пластических масс. – Л.: Химия, 1983. – 304 с.
6. Основы технологии переработки пластмасс / С.В.Власов, Л.Б.Кандырин, В.Н.Кулезнев и др.. – М.: Химия, 2004. – 600 с.

### Дополнительная литература

7. З. Тадмор, К. Гогос. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1984. – 632 с.
8. Общая химическая технология полимеров: Учебное пособие / В. М. Сутягин, А. А. Ляпков – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2007. – 195 с.
9. Переработка пластмасс / Шварц О., Эбелинг Ф., Фурт Б.; под общ. ред. А.Д. Пониматченко. – Спб.: Профессия, 2005. – 320 с.
10. Производство изделий из полимерных материалов: Учебное пособие / В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Пониматченко. – Спб.: Профессия, 2004. – 464 с.
11. В.Е. Гуль, М.С. Акутин. Основы переработки пластмасс. - М.: Химия, 1985. – 400 с.
12. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. – М.: Химия, 1986. – 400 с.
13. В.С. Ким, В.В. Скачков. Оборудование подготовительного производства заводов пластмасс. – М.: Машиностроение, 1977. - 183 с.

### Справочная и нормативная литература

1. Энциклопедия полимеров: в 3т. – М.: Советская энциклопедия, 1997.- 3т.
2. Химическая энциклопедия: в 5т. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999.-5т.