

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра технологии нефтехимического синтеза
и переработки полимерных материалов**

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС

**Методические указания,
программы и контрольные задания
по специальным дисциплинам для студентов
специальности 1-48 01 02 «Химическая технология
органических веществ, материалов и изделий»
специализации 1-48 01 02 06 «Технология переработки
пластмасс» заочной формы обучения**

Минск 2012

УДК 678.5.02(075.8)
ББК 30.4я73
Т38

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета.

С о с т а в и т е л и:

Н. Р. Прокопчук (главы 1, 2); *А. Ф. Мануленко* (глава 3);
О. М. Касперович (глава 4); *В. В. Яценко* (главы 5, 9, 10);
Е. З. Хрол (глава 6); *М. М. Ревяко* (главы 7, 8)

Р е ц е н з е н т

заведующая кафедрой химической переработки древесины БГТУ,
доктор технических наук профессор *Н. В. Черная*

Технология переработки пластмасс : метод. указания,
Т38 программы и контр. задания по специальным дисциплинам
для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая техно-
логия органических веществ, материалов и изделий» специа-
лизации 1-48 01 02 06 «Технология переработки пластмасс»
заочной формы обучения / сост.: Н. Р. Прокопчук [и др.]. –
Минск : БГТУ, 2012. – 106 с.
ISBN 978-985-530-146-3.

Цель данных методических указаний – подготовка высокопрофессиональных инженеров-химиков-технологов, обладающих глубокими знаниями в области переработки и применения полимеров, и контроль знаний студентов заочной формы обучения. В методических указаниях предусмотрена логическая последовательность изучения курсов специальных дисциплин.

В издании приведена программа, методические указания и контрольные задания по курсу специальных дисциплин, а также представлен список основной и вспомогательной литературы по каждой дисциплине.

УДК 678.5.02(075.8)
ББК 30.4я73

ISBN 978-985-530-146-3 © УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	6
Глава 1	
ХИМИЯ И ФИЗИКА ПОЛИМЕРОВ	7
1.1. Программа курса	8
1.2. Контрольные задания	12
Рекомендуемая литература	18
Глава 2	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ	20
2.1. Программа курса	21
2.2. Контрольные задания	23
Рекомендуемая литература	26
Глава 3	
ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС	28
3.1. Программа курса	29
3.2. Контрольные задания	34
Рекомендуемая литература	40
Глава 4	
ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС	42
4.1. Программа курса	43
4.2. Контрольные задания	50
Рекомендуемая литература	57
Глава 5	
ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	59
5.1. Программа курса	60
5.2. Контрольные задания	63
Рекомендуемая литература	65

Глава 6	
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ	
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	67
6.1. Программа курса	68
6.2. Контрольные задания	71
Рекомендуемая литература	73
Глава 7	
РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ И ФОРМ	75
7.1. Программа курса	76
7.2. Контрольные задания	78
Рекомендуемая литература	83
Глава 8	
ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТМАСС	84
8.1. Программа курса	85
8.2. Контрольные задания	86
Рекомендуемая литература	90
Глава 9	
РЕЦИКЛИНГ ПЛАСТМАСС	92
9.1. Программа курса	93
9.2. Контрольные задания	95
Рекомендуемая литература	98
Глава 10	
МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ И МЕТОДЫ	
ИХ ИДЕНТИФИКАЦИИ	100
10.1. Программа курса	101
10.2. Контрольные задания	103
Рекомендуемая литература	105

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время невозможно представить ни одной сферы жизнедеятельности человека, в которой бы не использовались пластические массы. Пластмассы – это многокомпонентные системы на основе полимерных материалов различного происхождения (синтетические, искусственные, природные). Пластмассы широко используются в таких сферах народного хозяйства, как производство упаковки и товаров народного потребления, строительство, автомобилестроение, приборостроение, производство волокон, электроника и т. д. Без использования полимерных материалов в настоящее время не может существовать ни одна отрасль народного хозяйства. Процесс получения изделий из пластических масс называется переработкой пластмасс.

По темпам роста производство полимерных материалов значительно опережает другие отрасли народного хозяйства. Этому способствуют практически неограниченные ресурсы сырья. Для их синтеза используют продукты переработки нефти, каменного угля, растительное сырье, отходы других производств.

Специалисты, вовлеченные в сферу переработки пластических масс, должны освоить ряд специальных дисциплин. В настоящем издании представлены рабочие программы, методические указания и контрольные задания для студентов-заочников специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 06 «Технология переработки пластмасс» по всему курсу специальных дисциплин, таких как «Химия и физика полимеров», «Теоретические основы переработки полимеров», «Технология пластических масс», «Технология переработки пластмасс», «Технология композиционных материалов», «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов», «Расчет и конструирование изделий и форм», «Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс», «Рециклинг пластмасс», «Модификация свойств полимеров и методы их идентификации».

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении каждого курса студенты выполняют контрольные работы, вариант которых выбирается в соответствии с пунктом 2 соответствующей главы. Целью выполнения контрольной работы является проверка теоретических знаний студентов, полученных при изучении курса и приобретении практических навыков. Кроме того, по результатам контрольных работ осуществляется допуск студентов к выполнению лабораторных работ, сдаче зачета или экзамена по изучаемой дисциплине.

Поскольку основной формой работы студентов-заочников является самостоятельная работа с книгой, то в конце каждой главы приведен список основной и дополнительной рекомендуемой литературы, с помощью которой можно ответить на все вопросы контрольных работ. На лекциях рассматриваются только наиболее важные и сложные разделы курсов, а также вопросы, не получившие достаточного освещения в литературе, рекомендуемой студенту для проработки, поэтому при выполнении контрольных работ студенту следует пользоваться указанной литературой.

При самостоятельном изучении каждого курса целесообразно составлять краткий конспект с изложением основной информации по рассматриваемым вопросам. Это облегчит подготовку к сдаче экзамена или зачета по изучаемой дисциплине.

Ответы на вопросы контрольной работы должны быть конкретными, четкими, без общих рассуждений, в обязательном порядке иллюстрироваться схемами, чертежами, графиками, эскизами. Формулы должны иметь расшифровки всех обозначений. В конце контрольной работы необходимо представить список использованной литературы.

Контрольную работу рекомендуется выполнять с использованием ЭВМ. Допускается оформлять контрольную работу шариковой ручкой, а технологические схемы и эскизы – карандашом. Страницы контрольной работы должны быть пронумерованы и иметь поля шириной 3 см для замечаний рецензента. Удалять замечания не разрешается.

ХИМИЯ И ФИЗИКА ПОЛИМЕРОВ

Курс «Химия и физика полимеров» является составной частью теоретической подготовки инженеров-химиков-технологов. В структуре учебного плана дисциплина «Химия и физика полимеров» является первоочередной для подготовки студентов и предшествует некоторым дисциплинам специализации, которые базируются на данной дисциплине или используют ее отдельные разделы.

В свою очередь, изучение данной дисциплины базируется на общеинженерной подготовке студентов по органической химии, физической химии и физике.

Главной целью дисциплины является углубление и расширение теоретической подготовки студентов, необходимой для дальнейшего изучения специальных дисциплин.

Основная задача данной дисциплины – приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков по физико-химическим основам получения полимеров, а также по особенностям их химического и физического поведения в процессах переработки.

В результате изучения курса студент должен знать закономерности синтеза и модификации полимеров различных классов; особенности физического и химического поведения полимеров, определяемые гибкостью цепи и большой молекулярной массой макромолекул; особенности фазовых состояний полимеров и поведения полимеров в аморфном, кристаллическом и ориентированном состояниях. Кроме того, студент должен уметь провести химический и физико-химический анализ полимеров; оценить связь химической природы и структуры полимерного вещества с его свойствами; учесть специфику полимерного состояния веществ различных классов при выборе методов переработки.



1.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основе программы курса «Химия и физика полимеров», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 20.09.2010 г. (№ ТД-1.470/тип.).

Введение

Задачи, которые стоят перед отраслью синтеза и переработки полимерных материалов Республики Беларусь в современных условиях. Производство пластических масс, эластомерных композиций, синтетических волокон и перспективы его развития.

1.1.1. Основные понятия химии высокомолекулярных соединений

Мономеры и полимеры. Требования, предъявляемые к мономерам, типы химических реакций образования полимеров из мономеров, цепочная структура макромолекул, гомополимеры и сополимеры, степень полимеризации, молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение, типы сополимеров.

Строение макромолекул и его влияние на свойства вещества. Конфигурация и конформация макромолекулы. Регулярные и нерегулярные полимеры, линейные, разветвленные и сетчатые полимеры. Изомерия полимерных цепей: изо-, а- и синдиотактические полимеры.

Номенклатура и классификация полимеров. Классификация по происхождению (природные, искусственные и синтетические), химическому составу (гомоцепные, гетероцепные, элементарорганические), способу получения, полярности цепи, поведению при переработке (термопластичные и терморезистивные).

Молекулярная масса полимеров. Полидисперсность полимеров. Средняя молекулярная масса и способы ее определения. Молекулярно-массовое распределение и его влияние на свойства полимера. Интегральные и дифференциальные кривые молекулярно-массового распределения в полимерах.

Межмолекулярное взаимодействие в полимерах. Взаимодействие близкого и дальнего порядка. Силы Ван-дер-Ваальса и водородная связь. Энергия когезии.

1.1.2. Синтез полимеров

Радикальная полимеризация. Полимеризация как цепной процесс. Мономеры, механизм процесса. Последовательность элементарных актов: образование активного центра, рост цепи, обрыв цепи. Типы инициирования. Рост цепи и роль реакции передачи цепи в формировании макромолекулы. Механизм действия регуляторов роста цепи и ингибиторов. Кинетика процесса при малых степенях превращения мономеров. Особенности радикальной полимеризации при высоких степенях превращения, «гель-эффект». Влияние на скорость процесса и молекулярную массу полимера температуры, концентрации инициаторов и мономеров, давления.

Катионная полимеризация. Мономеры и катализаторы. Механизмы инициирования катионной полимеризации. Инициирование протонными кислотами и кислотами Льюиса. Сокатализатор и его функции. Рост и обрыв кинетической цепи. Влияние среды и добавок на скорость процесса и молекулярную массу полимера.

Анионная полимеризация. Типы и механизм инициирования. Характеристика мономеров и катализаторов. Рост и обрыв цепи при анионной полимеризации («живая полимеризация»).

Анионно-координационная полимеризация. Стереоспецифические эффекты в реакциях координационной полимеризации. Принципы синтеза стереорегулярных полимеров: на катализаторах Циглера – Натта, в присутствии π -аллильных комплексов переходных металлов, а также на катализаторах оксидов металлов. Особенности ионной полимеризации циклических мономеров.

Сополимеризация как способ модификации полимеризации. Радикальная и ионная полимеризация и получение статистических сополимеров. Кинетика процесса. Уравнение состава сополимера. Константы сополимеризации. Получение блок- и привитых сополимеров.

Технические приемы проведения процесса полимеризации. Полимеризация в массе мономеров (блочная полимеризация). Полимеризация в органических растворителях и в водной фазе. Суспензионная и эмульсионная полимеризация. Особенности процессов. Полимеризация в твердой фазе. Преимущества и недостатки различных технических приемов проведения полимеризации и их влияние на свойства образующихся продуктов.

Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Различия между полимеризацией и поликонденсацией. Характеристика мономеров для поликонденсации. Равновесная поликонденсация,

поликонденсационное равновесие. Связь между константой равновесия и молекулярной массой образующегося полимера. Влияние стехиометрии, моnofункциональных веществ и побочных реакций на молекулярную массу полимера. Возможность получения сетчатых полимеров. Кинетика равновесной поликонденсации. Технические приемы проведения равновесной поликонденсации: в расплаве, в растворе, в твердой фазе. Неравновесная поликонденсация. Поликонденсация на границе раздела фаз: жидкость – жидкость, жидкость – газ. Эмульсионная поликонденсация. Особенности этих процессов. Трехмерная поликонденсация. Реакции полиприсоединения, их особенности и применяемые мономеры.

1.1.3. Химические превращения полимеров

Полимераналогичные превращения. Особенности химического поведения макромолекул. Влияние локального окружения функциональной группы, конфигурационных характеристик и конформации цепи, надмолекулярной организации полимеров на реакционную способность макромолекул. Реакция внутримолекулярного отщепления и циклизации.

Реакции сшивки. Вулканизация каучуков. Роль реакции сшивки полимерных цепей при формировании изделий из реакционноспособных олигомеров (отверждение). Сшивающие агенты и их участие в образовании поперечных связей между макромолекулами.

Реакции деструкции. Физическая, химическая и биологическая деструкция полимеров. Превращения полимеров при нагревании, окислении, воздействии излучений и механических нагрузок. Старение и стабилизация полимеров. Механизм действия антиоксидантов, антиозонантов, фото- и термостабилизаторов, антирадов. Эффект синергизма при использовании смеси антиоксидантов. Полимеры с регулируемым сроком службы.

1.1.4. Физика полимеров

Гибкость макромолекул. Проявление специфики полимерного состояния вещества в гибкости макромолекул. Гибкость термодинамическая и кинетическая. Конформация цепи. Тепловое движение в полимерах. Представление о сегменте макромолекулы. Гибкоцепные и жесткоцепные полимеры. Факторы, характеризующие гибкость макромолекул: химическая природа полимера, молеку-

лярная масса, присутствие поперечных химических связей, температура.

Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Аморфные и кристаллические полимеры, их надмолекулярная структура. Особенности полимерных кристаллов. Степень кристалличности. Типы кристаллов.

Деформация полимеров. Упругая деформация, закон Гука. Пластическая деформация, закон Ньютона. Вязкоупругие полимерные тела, уравнение Максвелла. Высокоэластическая деформация полимеров, термодинамика высокоэластичности. Физические состояния полимеров: стеклообразное, высокоэластическое, вязкотекучее. Их связь с деформацией полимеров.

Релаксационные явления в полимерах. Релаксация деформации и напряжения. Упругий гистерезис. Деформация под влиянием циклических нагрузок. Спектр времен релаксации.

Термомеханические кривые аморфного, кристаллического и отверждающегося полимеров. Температура стеклования и температура текучести. Методы определения физических состояний полимеров.

Стеклообразное состояние полимеров. Структурное и механическое стеклование. Кривая растяжения стеклообразных полимеров, вынужденная высокоэластичность. Температура хрупкости. Связь между температурой стеклования и химической природой полимеров.

Вязкотекучее состояние полимеров. Влияние молекулярной массы и температуры на вязкость расплава полимера. Маскировка вязкого течения высокоэластической деформацией. Рост вязкости расплава полимера при его течении в изотермических условиях. Механизм течения полимеров. Механодеструкция полимеров при их течении.

Кристаллические полимеры. Условия кристаллизации. Жидкокристаллическое состояние полимеров. Особенности механических свойств кристаллических полимеров.

Ориентированные полимеры. Получение ориентированных полимеров при синтезе. Холодная вытяжка аморфных, стеклообразных и кристаллических полимеров. Ориентация в условиях течения полимеров. Особенности механических свойств ориентированных полимеров. Термоусаживаемые полимерные пленки.

Растворение полимеров. Набухание – предшествующая растворению стадия. Ограниченное и неограниченное набухание. Факторы, влияющие на растворимость полимеров: химическая природа макромолекулы, гибкость цепи, фазовое состояние, поперечные межмолекулярные связи, температура. Свойства растворов полимеров. Истинные растворы и полимерные дисперсии.

Пластификация полимеров. Фазовые равновесия в системе полимер – пластификатор. Влияние пластификатора на температуру стеклования и температуру течения полимеров. Пластификаторы и мягчители; требования, предъявляемые к ним. Типы пластификаторов. Олигомерные пластификаторы. Пластификация как метод физической модификации полимеров и способы ее реализации в условиях производства.



1.2. Контрольные задания

Программой предусматривается выполнение двух контрольных работ по курсу «Химия и физика полимеров». При выполнении первой контрольной работы студент должен дать ответы на три вопроса, при выполнении второй контрольной работы – на четыре вопроса. К выполнению контрольных работ приступают после изучения соответствующих разделов программы курса: к контрольной работе № 1 – разделов 1.1.1–1.1.2 программы, к контрольной работе № 2 – разделов 1.1.3–1.1.4. Номера вопросов выбираются из нижеприведенной таблицы по первым трем и четырем буквам фамилии студента соответственно. При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени. Если в фамилии студента меньше четырех букв, то номера последних вопросов устанавливаются по последней букве фамилии или имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов						
	Работа № 1			Работа № 2			
А, Б	1	16	31	46	61	76	91
В, Г	2	17	32	47	62	77	92
Д, Е	3	18	33	48	63	78	93
Ж, З	4	19	34	49	64	79	94
И, К	5	20	35	50	65	80	95
Л, М	6	21	36	51	66	81	96
Н, О	7	22	37	52	67	82	97
П, Р	8	23	38	53	68	83	98
С, Т	9	24	39	54	69	84	99
У, Ф	10	25	40	55	70	85	100
Х, Ц	11	26	41	56	71	86	101
Ч, Ш, Щ	12	27	42	57	72	87	102
Ъ, Ь	13	28	43	58	73	88	103
Ы, Э	14	29	44	59	74	89	104
Ю, Я	15	30	45	60	75	90	105

Контрольные вопросы

1. Основные понятия химии высокомолекулярных соединений. Мономеры, олигомеры и полимеры. Понятия элементарного звена и степени полимеризации. Гомополимеры и сополимеры. Типы сополимеров. Строение макромолекул и его влияние на свойства полимера.

2. Основные понятия химии высокомолекулярных соединений. Полимеры полярные и неполярные. Нерегулярные, регулярные и стереорегулярные полимеры.

3. Номенклатура и классификация высокомолекулярных соединений.

4. Молекулярная масса полимеров. Олигомеры. Плеиномеры. Высокополимеры. Полимергомологи. Фракционирование полимеров.

5. Методы усреднения молекулярной массы полимеров. Среднечисловая, среднемассовая и среднегидродинамическая молекулярная масса.

6. Полидисперсность полимеров, ее влияние на свойства высокомолекулярных соединений и принципы определения. Кривые молекулярномассового распределения полимеров.

7. Внутри- и межмолекулярные взаимодействия в полимерах и их влияние на свойства полимеров. Взаимодействия ионное, ориентационное, деформационное, дисперсионное. Водородная связь. Когезия и адгезия (общие представления).

8. Полимеризация. Мономеры. Элементарные стадии процесса радикальной полимеризации. Инициирование радикальной полимеризации.

9. Ингибирование радикальной полимеризации, механизм действия ингибиторов. Типичные ингибиторы.

10. Рост цепи при радикальной полимеризации. Факторы, влияющие на активность мономера и радикала в процессе полимеризации. Влияние температуры и давления на процесс радикальной полимеризации и величину молекулярной массы образующегося полимера.

11. Реакция обрыва и передачи цепи при радикальной полимеризации. Теломеризация. Регулирование молекулярной массы полимеров в процессе полимеризации.

12. Кинетика радикальной полимеризации. Скорости элементарных актов процесса. Скорость полимеризации. Степень полимеризации.

13. Катионная полимеризация. Мономеры. Инициирование катионной полимеризации.

14. Механизм катионной полимеризации. Кинетика процесса. Особенности катионной полимеризации. Роль среды и добавок.

15. Анионная полимеризация. Катализаторы. Мономеры. Инициирование анионной полимеризации.

16. Обрыв цепи при анионной полимеризации. «Живущие полимеры». Возможные варианты обрыва и передачи цепи. Роль среды и добавок при анионной полимеризации. Чистота мономера.

17. Катализаторы стереоспецифического действия. Механизм стереоспецифической полимеризации. Растворимые катализаторы.

18. Ионная и ионно-координационная полимеризация с раскрытием циклов.

19. Технические приемы проведения полимеризации. Газо-фазная полимеризация. Блочная полимеризация. Полимеризация в растворе. Особенности этих процессов.

20. Технические приемы проведения полимеризации. Полимеризация в эмульсии (латексная и суспензионная). Полимеризация в твердой фазе. Особенности этих процессов.

21. Сополимеризация. Общая теория сополимеризации. Кинетика сополимеризации. Уравнение состава сополимера. Константы сополимеризации.

22. Блок-сополимеры. Способы их получения. Свойства и применение.

23. Привитые сополимеры. Способы их получения. Свойства и применение.

24. Поликонденсация, мономеры. Разновидности реакций поликонденсации (гомо- и сополиконденсация, линейная и трехмерная, обратимая и необратимая). Особенности реакции поликонденсации. Элементарные стадии поликонденсации.

25. Поликонденсационное равновесие. Факторы, влияющие на поликонденсационное равновесие. Кинетика равновесной поликонденсации.

26. Побочные процессы при поликонденсации. Реакции деструкции, циклизации, сшивания.

27. Методы проведения равновесной поликонденсации. Поликонденсация в расплаве, в растворе, в твердой фазе. Преимущества и недостатки каждого метода.

28. Неравновесная поликонденсация. Поликонденсация на границе раздела фаз: жидкость – жидкость, жидкость – газ. Поликонденсация в эмульсии.

29. Полиприсоединение (миграционная и ступенчатая полимеризация). Гидролитическая полимеризация. Особенности процессов.

30. Написать механизм радикальной полимеризации винилхлорида в присутствии пероксида бензоила.

31. Написать механизм радикальной полимеризации винилацетата в присутствии пероксида бензоила.

32. Написать механизм радикальной полимеризации метилметакрилата в присутствии пероксида бензоила.

33. Написать механизм радикальной полимеризации стирола в присутствии пероксида бензоила.

34. Написать механизм катионной полимеризации стирола в присутствии комплекса $\text{BF}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

35. Написать механизм получения полибутадиена в присутствии металлического натрия.

36. Написать механизм полимеризации полипропилена в присутствии комплекса $\text{TiCl}_4 + \text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$.

37. Написать механизм анионной полимеризации стирола в присутствии амида калия KNH_2 .

38. Написать механизм анионной полимеризации стирола в присутствии бутиллития.

39. Написать элементарные звенья полимеров, образующихся при полимеризации: а) бензонитрила $\text{C}_6\text{H}_5\text{--C}\equiv\text{N}$; б) α -метилстирола $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}_6\text{H}_5$.

40. Написать элементарные звенья полимеров, образующихся при полимеризации: а) 3-метилбутена-1 $\text{CH}_2=\text{CH--CH}(\text{CH}_3)_2$; б) тетрагидрофурана.

41. Написать элементарные звенья полимеров, образующихся при полимеризации: а) метакрилонитрила $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{--C}\equiv\text{N}$; б) ϵ -капролактама.

42. Написать элементарные звенья полимеров, образующихся при полимеризации акролеина $\text{CH}_2=\text{CH--CH=O}$: а) по типу 1,2-присоединения; б) по типу 3,4-присоединения.

43. Написать элементарные звенья полимеров, образующихся при полимеризации: а) 4-метилпентана-1 $\text{CH}_2=\text{CH--CH}_2\text{--CH}(\text{CH}_3)_2$; б) метакрилоамида $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{--NH}_2$.

44. Написать элементарные звенья полимеров, образующихся при полимеризации: а) изобутилена $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$; б) пропионитрила $\text{C}_3\text{H}_7-\text{C}\equiv\text{N}$.

45. Написать элементарные звенья полимеров, образующихся при полимеризации: а) трифторацетонитрила $\text{CF}_3-\text{C}\equiv\text{N}$; б) винилацетата $\text{CH}_2=\text{CHOCOC}_2\text{H}_5$.

46. Особенности химических реакций полимеров в сравнении с низкомолекулярными аналогами. Классификация химических реакций полимеров.

47. Проявление специфики полимерного состояния вещества в химических реакциях.

48. Основные реакции, протекающие при термическом воздействии на полимеры. Характеристика реакций, приводящих к снижению механических свойств полимеров (процессы «старения» полимеров).

49. Действие света и ионизирующих излучений на полимеры.

50. Механохимия полимеров.

51. Деструктивное действие химических агентов и агрессивных сред на полимеры.

52. Характеристика процесса окисления полимеров. Механизм и кинетические закономерности. Ускорители и ингибиторы окисления полимеров. Стабилизация полимеров для защиты от старения.

53. Галогенирование полимеров.

54. Примеры реакций присоединения у ненасыщенных полимеров.

55. Изомерные превращения при химических реакциях полимеров.

56. Межмакромолекулярные реакции полимеров. Формирование сетчатых структур. Общие сведения и классификация.

57. Основные параметры и характеристики сетчатых структур в полимерах.

58. Химические реакции синтеза сетчатых структур полимеров (реакции функциональных групп макромолекул, реакции макромолекул с низкомолекулярными реагентами).

59. Химические реакции синтеза сетчатых структур полимеров (реакции свивания полимеров пероксидами и излучениями высоких энергий).

60. Химические реакции синтеза сетчатых структур полимеров (процессы вулканизации эластомеров).

61. Взаимопроникающие сетки. Механизм формирования.
62. Конфигурация и конформация полимерной цепи.
63. Природа гибкости полимерных молекул. Гибкость термодинамическая и кинетическая.
64. Тепловое движение в полимерах. Понятие сегмента.
65. Факторы, определяющие гибкость макромолекул.
66. Агрегатные и фазовые состояния полимеров.
67. Упругая и пластическая деформация полимеров.
68. Высокоэластическая деформация полимеров. Изменение термодинамических параметров при деформации.
69. Статистическая термодинамика гибких макромолекул.
70. Равновесный модуль эластичности.
71. Релаксационные свойства полимеров. Общие закономерности релаксации. Релаксация напряжения в полимерах.
72. Ползучесть полимеров.
73. Механический гистерезис полимеров.
74. Релаксационные явления при многократных циклических деформациях.
75. Температурно-временная аномалия в полимерах.
76. Спектр времен релаксации полимеров.
77. Надмолекулярная структура аморфных полимеров.
78. Надмолекулярная структура кристаллических полимеров.
79. Процесс стеклования полимеров.
80. Механические свойства стеклообразных полимеров.
81. Явление хрупкости полимерных стекол.
82. Типы реологического поведения полимеров.
83. Закон течения полимеров. Механизм течения полимеров.
84. Аномалия вязкости расплавов полимеров.
85. Температурная зависимость вязкости.
86. Температура текучести и интервал $T_T - T_c$.
87. Влияние эластичности на течение полимеров.
88. Типы кристаллических структур в полимерах.
89. Кинетика кристаллизации полимеров. Влияние молекулярной структуры на кристаллизацию.
90. Кристаллизация полимеров при растяжении.
91. Механические свойства кристаллических и кристаллизующихся полимеров.
92. Ориентация макромолекул и ориентированные полимеры.
93. Общая характеристика прочности полимеров.
94. Механизм разрушения полимеров. Теория Гриффита.

95. Разрушение полимеров длительно действующей постоянной нагрузкой. Кинетическая теория прочности.

96. Влияние структуры полимера и условий испытания на прочность.

97. Термомеханический метод исследования полимеров. Термомеханические кривые аморфных, кристаллических и отверждающихся полимеров.

98. Особенности растворения полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание.

99. Факторы, определяющие растворимость полимеров (природа полимера и растворителя, молекулярная масса, гибкость цепи, фазовое состояние, наличие поперечных химических связей, температура).

100. Свойства растворов полимеров (свойства, общие с растворами низкомолекулярных веществ и специфические).

101. Концентрированные растворы полимеров. Явление пластификации.

102. Пластификация полимеров (правило мольных и объемных долей).

103. Физико-химические основы подбора пластификатора.

104. Смеси полимеров. Термодинамическая и эксплуатационная совместимость полимеров.

105. Свойства смесей полимеров.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Кулезнев, В. Н. Химия и физика полимеров / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнева. – М.: Высшая школа, 1988. – 312 с.

2. Тугов, И. И. Химия и физика полимеров / И. И. Тугов, Г. И. Кострикина. – М.: Химия, 1989. – 432 с.

3. Киреев, В. В. Высокомолекулярные соединения / В. В. Киреев. – М.: Высшая школа, 1992. – 512 с.

4. Гуль, В. Е. Структура и механические свойства полимеров / В. Е. Гуль, В. Н. Кулезнев. – М.: Высшая школа, 1979. – 352 с.

5. Практикум по химии и физике полимеров / под ред. В. Ф. Куренкова – М.: Химия, 1990. – 153 с.

6. Семчиков, Ю. Д. Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. – М.: Академия, 2003. – 368 с.

Дополнительная

1. Прокопчук, Н. Р. Химия и физика полимеров. Лабораторный практикум / Н. Р. Прокопчук, О. М. Касперович. – Минск: БГТУ, 2010. – 98 с.
2. Бартенев, Г. М. Физика полимеров / Г. М. Бартенев, З. Я. Френкель. – Л.: Химия, 1990. – 432 с.
3. Перепечко, И. И. Введение в физику полимеров / И. И. Перепечко. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
4. Семчиков, Ю. Д. Введение в химию полимеров / Ю. Д. Семчиков, С. Ф. Жильцов, В. Н. Кашаева. – М.: Высшая школа, 1988. – 151 с.
5. Энциклопедия полимеров: в 3 т. – М.: Советская энциклопедия, 1972–1977. – 3 т.
6. Химия и физика высокомолекулярных соединений / Н. И. Дувакина [и др.]. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1984. – 283 с.
7. Стрепихеев, А. А. Основы химии высокомолекулярных соединений / А. А. Стрепихеев, В. А. Деревицкая. – М.: Химия, 1976. – 437 с.
8. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров / А. А. Тагер. – М.: Химия, 1978. – 461 с.
9. Гуль, В. Е. Структура и прочность полимеров / В. Е. Гуль. – М.: Химия, 1979. – 235 с.
10. Липатов, Ю. С. Взаимопроникающие полимерные сетки / Ю. С. Липатов, Л. В. Сергеева. – Киев: Наукова думка, 1979. – 159 с.
11. Шур, А. М. Высокомолекулярные соединения / А. М. Шур. – М.: Высшая школа, 1981. – 283 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

Курс «Теоретические основы переработки полимеров» является составной частью теоретической подготовки инженеров-химиков-технологов, призванных грамотно осуществлять процессы переработки пластмасс. Дисциплина основывается на знаниях, полученных студентом в результате изучения курсов «Физика», «Теоретическая механика», «Высшая математика», «Физическая химия» и изучается одновременно с дисциплиной «Химия и физика полимеров».

Основная цель данного курса – теоретическая подготовка студентов для осознанного и творческого управления процессами получения изделий из пластмасс, регулирования свойств полимерных материалов и изделий с учетом предполагаемых условий их эксплуатации.

Основная задача курса – освоение студентами методов регулирования вязкости расплавов полимеров, структуры и свойств полимерных материалов как за счет вариации химического строения и состава полимеров, так и за счет выбора оптимальных температурно-силовых воздействий на материал.

В результате изучения курса студент должен знать основные реологические закономерности для термопластов, термореактивных олигомеров, резиновых смесей; модели и уравнения, описывающие течение расплавов полимеров по каналам оборудования, и главные эффекты, сопровождающие это течение; процессы смешения и наполнения полимеров и структуру композиционных материалов; влияние молекулярной и надмолекулярной структуры полимеров на процессы сорбции, диффузии, проницаемости в пластмассах и резинах; факторы, влияющие на адгезию, прочность и усталостную выносливость пластмасс и резин. Кроме того, студент должен уметь количественно оценивать влияние на вязкость расплавов молекулярной массы и разветвляемости полимеров, температуры и давления

переработки; рассчитывать напряжение сдвига, скорость сдвиговой деформации и расход расплавов в каналах различного сечения; учитывать влияние релаксационных процессов на технологические параметры переработки эластомеров и термопластов; выбирать оптимальные условия смешения компонентов; устанавливать наиболее рациональные условия эксплуатации изделий из резин и пластмасс.



2.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основе программы курса «Теоретические основы переработки полимеров», утвержденной ректором УО «БГТУ» 06.10.2009 г. (№ УД-147/баз.).

Введение

Цель данной дисциплины – всестороннее аналитическое описание процессов переработки полимеров, рассмотрение теоретических и технологических вопросов влияния условий переработки и характеристик полимера на вязкоупругие, высокоэластические свойства и релаксационные процессы в текущих полимерных системах.

2.1.1. Реология расплавов полимеров

Реология полимеров, основные понятия. Главная задача реологии. Сдвиговая вязкость, эффект аномалии вязкости. Соотношение между сдвиговой и продольной вязкостями.

Вязкость полимеров. Температурная зависимость вязкости, энергия активации течения. Зависимость вязкости от молекулярной массы и разветвленности полимеров. Критическая молекулярная масса.

Физические модели основных технологических процессов переработки полимеров: модели идеальных тел; линейные модели вязкоупругих тел; модели вязкопластичных тел.

Принцип суперпозиции Больцмана. Спектры времен релаксации и запаздывания. Зависимость вязкости от давления. Обобщенная характеристика вязкостных свойств полимеров.

Установившееся изометрическое течение жидкости: в каналах круглого сечения; между двумя коаксиальными цилиндрами. Вязкоупругие свойства и релаксационные процессы в текущих полимерных системах.

Нормальные напряжения при течении полимеров. Эффект Вайсенберга. Высокоэластические деформации в расплавах и растворах полимеров.

Зависимость высокоэластических свойств полимерных систем от молекулярной массы и молекулярно-массового распределения. Свободное упругое восстановление струи (Баррус-эффект). Дробление поверхности экструдата («эластическая турбулентность»).

Экспериментальные методы изучения реологических свойств расплавов полимеров. Капиллярные и ротационные вискозиметры, их классификация и характеристика.

2.1.2. Реологические свойства термореактивных олигомеров и эластомеров

Реологические свойства термореактивных материалов. Вязко-стные свойства. Кинетические закономерности процесса отверждения релаксационных олигомеров. Основные закономерности и эффекты, сопровождающие процесс деформирования материалов на основе релаксационноспособных олигомеров.

Методы модификации технологических свойств термореактивных материалов. Особенности легирования реактопластов.

Микрореологическое описание вязкоэластичных свойств наполненных эластомеров. Влияние наполнения эластомеров. Тиксотропные свойства резиновых смесей, наполненных техническим углеродом.

2.1.3. Смешение и наполнение полимеров

Смешение полимеров, понятие о их термодинамической и эксплуатационной совместимости.

Наполненные полимеры. Физические взаимодействия в системе полимер – наполнитель. Механизм усиления эластомеров и сетчатых полимеров наполнителями.

2.1.4. Дисперсии полимеров. Адгезия, склеивание и пропитка материалов

Особенности свойств дисперсий полимеров. Устойчивость и стабилизация дисперсных систем. Закономерности формирования изделий из полимерных дисперсий, в частности латексов. Теоретические основы адгезии, склеивания и пропитки материалов.

2.1.5. Диффузия, сорбция, проницаемость в полимерах

Теоретические основы проницаемости полимерных систем по отношению к различным жидкостям и газам. Диффузия, сорбция, проницаемость; факторы, влияющие на эти процессы (гибкость макромолекул, полярность полимера, уровень межмолекулярных взаимодействий, степень кристалличности полимерного материала, размер кристаллических образований, влажность материала, природа и содержание наполнителей и пластификаторов).

2.1.6. Механические свойства пластмасс и резин

Прочность полимерных материалов. Теоретическая и техническая прочность. Теория Гриффита и кинетическая теория прочности.

Факторы, определяющие прочность полимеров. Динамическая усталость пластмасс и резин.



2.2. Контрольные задания

Вопросы работы отражают реологию полимеров (термопластов и реактопластов); деструкцию и стабилизацию полимеров; механические свойства полимеров и влияние различных факторов на свойства; основы создания композиционных полимерных материалов; структуру и свойства полимеров и др.

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на четыре вопроса. Номера вопросов выбираются из нижеприведенной таблицы по первым четырем буквам фамилии студента.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов			
А, Б	1	15	29	43
В, Г	2	16	30	44
Д, Е	3	17	31	45
Ж, З	4	18	32	46
И, К	5	19	33	47
Л, М	6	20	34	48
Н, О	7	21	35	49
П, Р	8	22	36	50
С, Т	9	23	37	51
У, Ф	10	24	38	52
Х, Ц	11	25	39	53
Ч, Ш, Щ	12	26	40	54
Ъ, Ъ, Ы	13	27	41	55
Э, Ю, Я	14	28	42	56

При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени. Если в фамилии студента меньше четырех букв, то номера последних вопросов устанавливаются по последней букве фамилии или имени.

Контрольные вопросы

1. Основные понятия в реологии полимеров: деформация, напряжение. Основная задача реологии.
2. Упругость, вязкость и пластическое течение. Эффект аномалии вязкости. Основные виды аномалии вязкости: псевдопластичность, дилатансия, тиксотропия, реопексия.
3. Сдвиговая и продольная вязкости, соотношение между ними. Температурная зависимость вязкости.
4. Энергия активации течения.
5. Зависимость вязкости от молекулярной массы. Критическая молекулярная масса.
6. Модели идеальных тел (Гука, Ньютона, Сен-Венана).
7. Линейные модели вязкоупругих тел (Максвелла, Кельвина – Фойгта).
8. Модели вязкопластичных тел (Бингама, Шведова).
9. Принцип суперпозиции Больцмана.
10. Спектры времен релаксации и запаздывания.
11. Зависимость вязкости от давления.
12. Обобщенная характеристика вязкостных свойств полимеров.
13. Изотермическое течение в каналах круглого сечения. Установившееся изотермическое течение между двумя параллельными пластинами.
14. Куэттовское течение.
15. Нормальные напряжения при течении полимеров.
16. Вязкоупругие свойства и релаксационные процессы в полимерах.
17. Зависимость вязкости полимеров от их разветвления.
18. Эффект Вайсенберга.
19. Аномалия вязкости и нормальные напряжения.
20. Высокоэластические деформации в расплавах полимеров.
21. Влияние молекулярной массы на высокоэластичность. Влияние молекулярно-массового распределения на высокоэластичность.
22. Зависимость высокоэластической деформации расплавов полимеров от скорости сдвига и от температуры.

23. Эффект Барруса.
24. Дробление поверхности экструдата («эластическая турбулентность»).
25. Экспериментальные методы изучения реологических свойств расплавов полимеров. Капиллярные и ротационные вискозиметры.
26. Одноосное растяжение полимеров (полная деформация растяжения, скорость деформации растяжения).
27. Реологические свойства термореактивных материалов. Вязкостные свойства и кинетические закономерности процесса отверждения реакционноспособных олигомеров.
28. Зависимость вязкости реактопластов от температуры и от времени.
29. Зависимость вязкости реактопластов от степени отверждения и от скорости деформирования.
30. Зависимость вязкости реактопластов от скорости деформирования в условиях протекания химической реакции отверждения.
31. Теоретические основы процесса легирования реактопластов с позиции кинетической теории прочности.
32. Соотношение между нормальными напряжениями и напряжениями сдвига. Формула Лоджа. Зависимость нормальных напряжений от скорости сдвига.
33. Влияние скорости сдвига, температуры и длины канала на коэффициент эластического восстановления струи.
34. Поведение тел Максвелла и Кельвина – Фойгта при динамическом режиме деформации.
35. Реологические свойства эластомеров, их комплексная эластическая деформация и деформация вязкого течения.
36. Основные соотношения для описания реологических свойств эластомеров (структурно-реологическая концепция Эйринга – Тобольского).
37. Тиксотропные свойства каучука и резиновых смесей, наполненных техническим углеродом.
38. Микрореологическое описание вязкоэластичных свойств наполненных эластомеров (уравнения Муни, Кернера, Бартенева).
39. Методы модификации технологических свойств реактопластов.
40. Основные реакции, протекающие в процессе термодеструкции полимеров.

41. Действие ионизирующих излучений и света на полимеры.
42. Механодеструкция полимеров при переработке.
43. Окисление полимеров. Механизм и кинетические закономерности.
44. Стабилизация полимеров для защиты от старения.
45. Смещение полимеров. Термодинамическая и эксплуатационная совместимость полимеров.
46. Наполнение полимеров. Физические взаимодействия в системе полимер – наполнитель. Механизм усиления эластомеров и сетчатых полимеров наполнителями.
47. Адгезия полимеров. Теории адгезии: механическая, молекулярная, электрическая, диффузионная, химического взаимодействия.
48. Склеивание полимерных материалов.
49. Сорбция полимерами, диффузия в полимерах.
50. Проницаемость полимеров.
51. Особенности свойств дисперсий полимеров.
52. Устойчивость и стабилизация дисперсных систем.
53. Закономерности формирования изделий из полимерных дисперсий, в частности латексов.
54. Теоретическая и техническая прочность полимеров. Теория Гриффита, масштабный фактор.
55. Кинетическая теория прочности, долговечность пластмасс и эластомеров. Факторы, влияющие на прочность полимеров.
56. Динамическая усталость резин и пластмасс. Факторы, влияющие на прочность полимеров.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Ревяко, М. М. Теоретические основы переработки полимеров / М. М. Ревяко, Н. Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2009. – 305 с.
2. Виноградов, Г. В. Реология полимеров / Г. В. Виноградов, А. Я. Малкин. – М.: Химия, 1977. – 430 с.
3. Торнер, Р. В. Теоретические основы переработки пластмасс / Р. В. Торнер. – М.: Химия, 1977. – 400 с.
4. Акутин, М. С. Теоретические основы переработки пластмасс: в 2 ч. / М. С. Акутин, Н. В. Афанасьев. – М.: МХТИ, 1974. – 2 ч.

5. Бортников, В. Г. Основы технологии переработки пластических масс / В. Г. Бортников. – Л.: Химия, 1983. – 304 с.
6. Акутин, М. С. Реологические свойства реактопластов / М. С. Акутин, Н. В. Афанасьев. – М.: РХТУ, 1977. – 71 с.
7. Тадмор, З. Теоретические основы переработки полимеров / З. Тадмор, К. Гогос. – М.: Химия, 1984. – 632 с.
8. Кулезнев, В. Н. Химия и физика полимеров / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнева. – М.: Высшая школа, 1988. – 312 с.

Дополнительная

1. Энциклопедия полимеров: в 3 т. – М.: Советская энциклопедия, 1972–1977. – 3 т.
2. Тугов, И. И. Химия и физика полимеров / И. И. Тугов, Г. И. Кострыкина. – М.: Химия, 1989. – 432 с.
3. Гуль, В. Е. Структура и механические свойства полимеров / В. Е. Гуль, В. Н. Кулезнев. – М.: Высшая школа, 1979. – 352 с.
4. Липатов, Ю. С. Физико-химия наполненных полимеров / Ю. С. Липатов. – Киев: Наукова думка, 1967. – 234 с.
5. Гордон, Г. Я. Стабилизация синтетических полимеров / Г. Я. Гордон. – М.: Госхимиздат, 1963. – 300 с.
6. Берлин, А. А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 320 с.
7. Барамбойм, Н. К. Механохимия высокомолекулярных соединений / Н. К. Барамбойм. – М.: Химия, 1978. – 384 с.
8. Хан, Ч. Реология в процессах переработки полимеров / Ч. Хан. – М.: Химия, 1979. – 368 с.

Глава 3

ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

Курс «Технология пластических масс» является одним из основных специальных курсов подготовки инженеров-химиков-технологов. Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении органической, физической и коллоидной химии, химии высокомолекулярных соединений, химии и физики полимеров, а также знаниях по общей химической технологии, процессам и аппаратам химической технологии и оптимизации технологических процессов.

Знания, полученные студентами при изучении курса «Технология пластических масс», являются основой для изучения специальных курсов «Технология переработки пластмасс», «Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс», «Расчет и конструирование изделий и форм», выполнения курсовых проектов, учебной исследовательской работы студентов (УИРС) и дипломных проектов.

Главной целью дисциплины является получение студентами навыков профессиональной деятельности, заключающихся в ознакомлении с основными методами синтеза полимеров и освоении номенклатуры пластмасс на их основе, используемых в промышленности.

Главной задачей изучения дисциплины является ознакомление будущих специалистов с научно-теоретическими и химико-технологическими основами синтеза полимеров и создание на их основе пластмасс с необходимым комплексом свойств.

При изучении дисциплины большое внимание уделяется рассмотрению влияния методов синтеза полимеров на физико-механические, технологические свойства пластмасс на их основе и освещению вопросов, связанных с современными представлениями о структуре полимеров и методах их модификации. При изучении дисциплины студенты приобретают навыки оценки свойств полимеров и пластмасс на их основе.

Программа дисциплины разработана с учетом последних достижений технологии и науки в области производства и переработки полимерных материалов. После изучения дисциплины студент должен знать основные методы синтеза полимеров; особенности протекающих при синтезе физико-химических процессов, влияющих на свойства и методы переработки пластических масс; зависимость физико-химических и технологических свойств полимерных материалов от химической природы, структуры макромолекул и их молекулярной массы; основные области применения полимерных материалов. Кроме того, студент должен уметь выбирать полимерный материал для получения пластмассовых изделий с требуемым комплексом свойств; определять вид полимерного материала и методы его переработки в изделия.

3.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основе программы курса «Технология пластических масс», утвержденной ректором УО «БГТУ» 06.10.2009 г. (№ УД-149/баз.).

Введение

Общие сведения о полимерах. Терминология, обозначение и классификация пластмасс. Основные технические свойства, преимущества и недостатки пластиков. Применение пластмасс, основные направления развития производства пластмасс на современном этапе в Республике Беларусь.

3.1.1. Полимеры, получаемые по реакциям полимеризации

Полиэтилен (ПЭ): сырье для получения, производство ПЭ низкой плотности (высокого давления) (ПЭНП) в трубчатом реакторе и в автоклаве с мешалкой; производство ПЭ высокой плотности (низкого давления) (ПЭВП) в газовой и жидкой фазах на комплексных металлоорганических катализаторах; производство ПЭВП при среднем давлении в растворе в присутствии оксидов металлов переменной валентности. Структура и свойства ПЭ, его переработка и применение. Свойства и применение сополимеров

этилена с пропиленом, винилацетатом, эфирами акриловой кислоты. Модифицирование ПЭ. Сшитый ПЭ.

Полипропилен, полиизобутилен. Полипропилен (ПП): сырье, полимеризация, производство, структура, свойства и применение. Модификация ПП, композиции на его основе, рандом-сополимеры. Полиизобутилен, производство, свойства, переработка и области применения.

Техника безопасности при производстве полиолефинов.

3.1.2. Технология производства полистирольных пластиков

Полистирол (ПС): свойства стирола, его полимеризация. Блочный полистирол, производство, структура, свойства и применение. Производство ПС эмульсионным методом и в суспензии, свойства, переработка и области применения. Полимеры производных стирола.

Сополимеры стирола: ударопрочный полистирол (УПС, УПМ), тройной сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (АБС), структура, свойства и применение. Пенополистирол: методы получения, свойства и применение.

Техника безопасности при производстве стирольных полимеров.

3.1.3. Технология производства полимеров на основе хлорированных непредельных углеводородов

Поливинилхлорид (ПВХ); винилхлорид, свойства, полимеризация. Суспензионный и эмульсионный ПВХ. Производство ПВХ в массе и в растворе. Свойства ПВХ, его термостабильность и стабилизация. Получение, свойства и применение жесткого ПВХ (винипласта) и мягкого ПВХ (пластиката). Вспененный ПВХ: производство, свойства и применение. Хлорированный ПВХ, поливинилиденхлорид.

3.1.4. Технология производства полимеров на основе фторированных непредельных углеводородов

Фторопласты: политетрафторэтилен (фторопласт-4) волокнистый и дисперсионный, получение, свойства и применение. Политрифторхлорэтилен (фторопласт-3): сырье, полимеризация, свойства и области применения. Поливинилфторид, поливинилиденфторид.

Техника безопасности при производстве фторопластов.

3.1.5. Полимеры и сополимеры акриловой и метакриловой кислот и их производных

Акриловые полимеры: полимеры и сополимеры на основе акриловой и метакриловой кислот и их эфиров. Производство блочного, суспензионного, эмульсионного полиакрилатов, их свойства и области применения.

Полиакрилонитрил, полиакриламид. Полиакрилонитрил: сырье, полимеризация, производство в эмульсии, в водных растворах минеральных солей, в органических растворителях и в массе; свойства и применение. Полиакриламид, производство, свойства и применение.

Техника безопасности при производстве акриловых полимеров.

3.1.6. Технология производства поливинилацетатных пластмасс

Поливинилацетат: сырье, полимеризация, производство, свойства и области применения. Поливиниловый спирт (ПВС): производство, свойства, применение. Поливинилацетали: поливинилформаль (ПВФ), поливинилэтилаль (ПВЭ), поливинилбутираль (ПВБ). Получение, свойства и применение ПВФ, ПВЭ, ПВБ.

Техника безопасности при производстве поливинилацетатных пластмасс.

3.1.7. Технология производства простых полиэфиров

Простые полиэфиры: полиметиленоксид (ПМО) (полиформальдегид), сополимеры формальдегида, производство, свойства и применение. Производство и применение полиэтиленоксида, полипропиленоксида, пентапласта.

3.1.8. Полимеры, получаемые по реакциям поликонденсации

Технология производства феноло-альдегидных смол. Феноло-альдегидные полимеры: сырье, механизм и особенности реакций образования феноло-альдегидных олигомеров; производство новолачных и резольных олигомеров и их свойства. Процесс отверждения феноло-альдегидных олигомеров.

Феноло-фурфурольные и резорцино-формальдегидные полимеры. Модифицированные феноло-формальдегидные полимеры. Фенопласты: свойства и применение смол и пресс-порошков; свойства и применение пресс-материалов с волокнистыми наполнителями (волокниты, стекловолокниты, асбоволокниты); получение и области применения материалов с листовыми наполнителями (текстолиты, гетинаксы, стеклотекстолиты); газонаполненные полимеры.

Техника безопасности при производстве и переработке фенолоальдегидных смол.

Технология производства amino-альдегидных смол. Amino-альдегидные полимеры: сырье, механизм реакций образования мочевино-формальдегидных олигомеров, характеристика продуктов конденсации, их отверждение, производство, свойства и применение композиционных материалов на их основе.

Меламино- и анилино-формальдегидные полимеры, производство олигомеров, получение, свойства и применение пресс-материалов, слоистых пластиков, декоративных бумажнослоистых пластиков, пенопласта.

Техника безопасности при производстве и переработке amino-альдегидных смол.

3.1.9. Технология производства фурановых смол

Фурановые полимеры: основные представители, сырье, производство, свойства и применение.

3.1.10. Технология производства сложных полиэфиров

Производство ненасыщенных полиэфирных смол (НПЭС). Ненасыщенные полиэфиры: сырье и механизм образования. Основные компоненты для производства ненасыщенных полиэфиров и их назначение. Свойства и применение НПЭС. Стеклопластики, пресс-материалы, препреги и премиксы на основе НПЭС.

Производство линейных термопластичных полиэфиров. Сырье для получения линейных термопластичных полиэфиров, основные стадии и механизм их образования. Полиэтилентерфталат (ПЭТФ), технология производства, структура, свойства, переработка и применение. Поликарбонаты (ПК), основные методы их синтеза, производство поликарбонатов, структура,

свойства, переработка и применение. Полиарилаты (ПАР), методы синтеза, основные типы полимеров, их свойства и области применения.

Терморреактивные сложные полиэфиры (алкидные полимеры).

Техника безопасности при производстве и переработке сложных полиэфиров.

3.1.11. Технология производства эпоксидных смол

Эпоксидные полимеры: сырье, механизм реакций образования олигомеров и их отверждения. Основные классы отвердителей. Свойства и применение эпоксидных олигомеров. Литьевые и пропиточные компаунды, слоистые пластики.

Техника безопасности при производстве и переработке эпоксидных олигомеров.

3.1.12. Технология производства алифатических и ароматических полиамидов

Полиамиды: их классификация и основные методы получения. Поликапроамид (полиамид 6), сырье, полимеризация капролактама, производство капролона В. Полигексаметиленадипамид (полиамид 6,6, сырье, поликонденсация соли АГ). Полидодеканамид (полиамид 12), сырье, полимеризация ω-додекалактама. Полифениленизофталамид (фенилон), сырье, поликонденсация фенилендиаминов с хлорангидридом изофталевой кислоты. Переработка полиамидов.

Структура, свойства и применение полиамидов. Стеклонаполненные полиамиды. Модифицированные полиамиды. Техника безопасности при производстве и переработке полиамидов.

3.1.13. Технология производства ароматических полиимидов

Полиимиды: синтез, производство, свойства, применение. Полиимидоамиды, полиимидоэфирсы, полибензоксазолы, полибензимидазолы – представители термостойких пластмасс.

Техника безопасности при производстве и переработке термостойких пластмасс.

3.1.14. Технология производства полиуретанов

Полиуретаны: сырье, синтез, свойства и применение. Пенополиуретаны – эластичные, жесткие и литьевые изделия. Техника безопасности при производстве и переработке полиуретанов.

3.1.15. Технология производства кремнийорганических полимеров

Кремнийорганические полимеры: сырье, особенности реакций образования полиорганосилоксанов; производство, структура, свойства. Пресс-материалы и стеклопластики на основе полиорганосилоксанов.

3.1.16. Технология производства полимеров производных целлюлозы

Простые и сложные эфиры целлюлозы: сырье, производство, свойства и применение.

Техника безопасности при производстве и переработке полимеров производных целлюлозы.

3.1.17. Синтетические ионообменные материалы

Синтетические ионообменные материалы: катиониты и аниониты поликонденсационного и полимеризационного типа. Свойства и применение ионитов. Ионитовые мембраны (гетерогенные и гомогенные), свойства и применение.



3.2. Контрольные задания

Вопросы контрольной работы отражают получение и характеристику мономеров, особенности реакций образования макромолекул, технологию производства полимеров, характеристику структуры пластмасс, их свойства и основные области применения. При характеристике той или иной пластмассы следует выделять главные преимущества и основные недостатки ее эксплуатационных свойств.

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на четыре вопроса. Номера вопросов выбираются из нижеприведенной таблицы по первым четырем буквам фамилии студента. При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени. Если в фамилии студента меньше четырех букв, то номера последних вопросов устанавливаются по последней букве фамилии или имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов			
А	1	23	45	67
Б	2	24	46	68
В	3	25	47	69
Г	4	26	48	70
Д	5	27	49	71
Е	6	28	50	72
Ж	7	29	51	73
З	8	30	52	74
И	9	31	53	75
К	10	32	54	76
Л	11	33	55	77
М	12	34	56	78
Н	13	35	57	79
О	14	36	58	80
П	15	37	59	81
Р	16	38	60	82
С, Т	17	39	61	83
У, Ф	18	40	62	84
Х, Ц	19	41	63	85
Ч, Ш, Щ	20	42	64	86
Ъ, Ъ, Ы	21	43	65	87
Э, Ю, Я	22	44	66	88

Контрольные вопросы

1. Терминология, обозначение и классификация пластмасс.
2. Основные технические свойства, преимущества и недостатки пластмасс.
3. Развитие производства пластмасс и области их применения
4. Полиэтилен высокого давления ПЭВД (низкой плотности, ПЭНП). Получение, свойства и применение. Производство ПЭВД в автоклаве с мешалкой.

5. Полиэтилен высокого давления (низкой плотности, ПЭНП). Получение, свойства и применение. Производство ПЭВД в трубчатом реакторе.

6. Производство ПЭВП при среднем давлении в растворе в присутствии металлов переменной валентности.

7. Производство ПЭНД (высокой плотности, ПЭВП) в жидкой и газовой фазах на комплексных металлоорганических катализаторах.

8. Полипропилен. Сырье, получение, структура, свойства и области применения.

9. Структура, свойства, переработка и применение полиэтилена. Модифицированный полиэтилен.

10. Получение, свойства и применение сополимеров этилена с пропиленом, винилацетатом, эфирами акриловой кислоты.

11. Свойства, переработка и применение полипропилена. Модификация полипропилена и композиции на его основе.

12. Полиизобутилен: производство, свойства и области применения.

13. Блочный полистирол. Сырье для получения полистирола. Производство, свойства и применение.

14. Суспензионный полистирол. Производство, свойства, переработка и применение.

15. Эмульсионный полистирол. Производство, свойства, переработка и области применения.

16. Ударопрочный полистирол, тройной АБС-сополимер, их структура, свойства, применение.

17. Пенополистирол, получение прессовым и беспрессовым методами, свойства и применение.

18. Производство поливинилхлорида в массе. Свойства и термостабилизация поливинилхлоридных пластмасс.

19. Эмульсионный поливинилхлорид. Сырье, синтез, производство, свойства и применение.

20. Суспензионный поливинилхлорид. Сырье, синтез, производство, свойства и применение.

21. Соплимеры винилхлорида. Получение, свойства и применение жесткого ПВХ (винипласта).

22. Получение, свойства и применение мягкого ПВХ (пластика). Вспененный ПВХ, хлорированный ПВХ, поливинилиденхлорид.

23. Политетрафторэтилен. Сырье, получение, свойства и применение.

24. Политрифторхлорэтилен. Сырье, получение, свойства и области применения.

25. Акриловые полимеры на основе акриловой и метакриловой кислот и их эфиров. Методы синтеза, свойства и применение.

26. Производство блочного полиметилметакрилата (органического стекла). Свойства и применение.

27. Производство суспензионного полиметилметакрилата, свойства и применение.

28. Производство эмульсионного полиметилметакрилата, свойства и применение.

29. Полиакрилонитрил. Сырье, получение, свойства и области применения.

30. Полиакриламид. Сырье, производство, свойства и применение.

31. Поливинилацетат. Сырье, методы получения, производство, свойства и применение.

32. Полимеризация винилацетата. Получение, свойства и области использования поливинилацетата.

33. Поливинилацетат. Сырье, методы полимеризация винилацетата в растворе, свойства и основные области применения.

34. Поливинилацетат. Сырье, методы полимеризация винилацетата в суспензии, свойства и основные области применения.

35. Поливинилацетат. Сырье, методы полимеризация винилацетата в эмульсии, свойства и основные области применения.

36. Поливиниловый спирт. Методы получения, производство, свойства, применение.

37. Поливинилацетали. Получение, методы переработки, свойства и применение.

38. Полиформальдегид. Сырье, синтез, методы получения, свойства, применение.

39. Сополимеры формальдегида. Производство, свойства, переработка и применение.

40. Производство, свойства и применение полиэтиленоксида, пентапласта, полипропиленоксида.

41. Сырье для получения феноло-альдегидных олигомеров. Особенности процесса синтеза феноло-альдегидных олигомеров.

42. Новолачные феноло-альдегидные олигомеры. Механизм и условия образования, свойства новолачных олигомеров.

43. Промышленные способы производства новолачных олигомеров, свойства, отверждение новолачных олигомеров.
44. Резольные феноло-альдегидные олигомеры. Механизм и условия образования, свойства резольных олигомеров.
45. Промышленные способы производства резольных олигомеров, свойства, отверждение резольных олигомеров.
46. Модифицированные феноло-формальдегидные полимеры. Свойства и применение.
47. Применение феноло-формальдегидных полимеров. Пресс-порошки (фенопласты), волокниты, слоистые пластики.
48. Амино-альдегидные полимеры. Сырье для синтеза, механизм реакций образования и отверждения олигомеров.
49. Особенности процессов синтеза карбамидо-формальдегидных полимеров, реакции образования олигомеров, их свойства и отверждение.
50. Меламино-формальдегидные полимеры. Химизм получения, производство, свойства и применение.
51. Методы производства, свойства, переработка и применение amino-альдегидных смол.
52. Термопластичные сложные полиэфиры. Сырье, основные стадии образования линейных термопластов.
53. Полиэтилентерефталат. Технология производства, свойства и применение.
54. Поликарбонаты. Сырье, основные методы синтеза, производство и применение.
55. Полиарилаты. Сырье, методы получения, свойства и применение.
56. Термопластичные сложные полиэфиры (полиэтилентерефталат, поликарбонаты, полиарилаты). Свойства, переработка и применение.
57. Терморреактивные сложные полиэфиры. Сырье для их получения, свойства и применение. Алкидные полимеры.
58. Ненасыщенные полиэфиры: сырье, механизм их образования, основные компоненты и их назначение.
59. Производство ненасыщенных полиэфиров, их свойства и применение.
60. Стеклопластики, пресс-литьевые материалы и премиксы на основе ненасыщенных полиэфиров.
61. Эпоксидные полимеры. Сырье для их производства, механизмы образования и отверждения эпоксидных олигомеров.

62. Свойства и применение эпоксидных олигомеров. Литьевые и пропиточные компаунды, слоистые пластики.

63. Фурановые полимеры: основные представители, сырье, производство.

64. Пластические массы на основе фурановых полимеров. Свойства и применение.

65. Полиамиды. Классификация, методы синтеза, производство и области применения.

66. Полиамиды. Основные методы получения, классификация, свойства и применение.

67. Полиамиды. Сырье для производства полиамида. Производство и свойства поликапроамида.

68. Полиамиды. Получение поликапроамида анионной полимеризацией. Свойства и применение капролона.

69. Полиамид-6,6: сырье, поликонденсация соли АГ. Свойства и области применения полиамида-6,6.

70. Полиамид-12: сырье, полимеризация, свойства и применение.

71. Фенилон: сырье, поликонденсация, свойства и области применения.

72. Наполненные и модифицированные полиамиды, свойства и области применения.

73. Структура, свойства, применение и особенности переработки полиамидов.

74. Полиимиды. Классификация, мономеры, методы синтеза, области применения.

75. Полиимиды. Сырье, синтез, свойства и применение полиимидов.

76. Представители термостойких пластмасс: полиамидоимиды, полиэфироимиды, полибензоксизолы, полибензимидазолы.

77. Полиуретаны. Сырье. Синтез, свойства и области применения.

78. Пенополиуретаны эластичные, жесткие и литьевые. Получение, свойства и применение.

79. Кремнийорганические полимеры: сырье, особенности реакций образования.

80. Производство, структура. Свойства и применение полиорганосилоксанов.

81. Кремнийорганические полимеры. Лаки, пресс-материалы, пенопласты и стеклопластики на основе полиорганосилоксанов.

82. Простые эфиры целлюлозы: сырье, производство, свойства и применение.

83. Сложные эфиры целлюлозы: сырье, производство, свойства и применение.

84. Термопластичные пластмассы на основе эфиров целлюлозы. Получение, свойства и применение.

85. Синтетические ионообменные материалы. Катиониты, аниониты, амфотерные иониты.

86. Синтетические ионообменные материалы. Основные свойства и применение ионитов.

87. Синтетические катиониты и аниониты поликонденсационного и полимеризационного типа.

88. Ионитовые мембраны (гетерогенные и гомогенные), свойства и применение.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Технология полимерных материалов: учеб. пособие / А. Ф. Николаев [и др.]; под общ. ред. В. К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2008. – 544 с.

2. Технология пластических масс / под ред. В. В. Коршака. – М.: Химия, 1986. – 560 с.

3. Прокопчук, Н. Р. Технология пластических масс: учеб. пособие: в 3 ч. / Н. Р. Прокопчук, Э. Т. Крутько. – Минск: БГТУ, 1996–2000. – 3 ч.

4. Егорова, Е. И. Основы технологии полистирольных пластиков / Е. И. Егорова, В. Б. Контенармусов. – СПб.: Химиздат, 2005. – 272 с.

5. Уайт, Дж. Полипропилен, полиэтилен и другие полиолефины / Дж. Уайт, Д. Чой; пер. с англ. под ред. Е. С. Цобкалло. – СПб.: Профессия, 2006. – 240 с.

6. Уилки, Ч. Поливинилхлорид / Ч. Уилки, Дж. Саммерс, Ч. Даниэлс; пер. с англ. под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2007. – 728 с.

7. Пракапчук, М. Р. Атлас. Принциповыя тэхналагічныя схемы працэсаў сінтэзу высокамалекулярных злучэнняў / М. Р. Пракапчук, Э. Ц. Круцько. – Мінск: БДТУ, 1997. – 67 с.

8. Григорьев, А. П. Лабораторный практикум по технологии пластических масс / А. П. Григорьев, О. Я. Федотова. – М.: Высшая школа, 1986. – 495 с.

9. Мануленко, А. Ф. Технология пластических масс: лаб. практикум / А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2007. – 66 с.

Дополнительная

1. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров / А. А. Тагер. – М.: Научный мир, 2007. – 576 с.

2. Азаров, В. И. Полимеры в производстве древесных материалов / В. И. Азаров, В. Е. Цветков. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 236 с.

3. Куренков, В. Ф. Практикум по химии и физике высокомолекулярных соединений / В. Ф. Куренков, Л. А. Бударина, А. Е. Заикин. – М.: КолосС, 2008. – 395 с.

4. Технические свойства полимерных материалов / В. В. Бурлов [и др.]; под общ. ред. В. К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2003. – 240 с.

5. Производство изделий из полимерных материалов / М. Л. Кербер [и др.]; под общ. ред. В. К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС

Курс «Технология переработки пластмасс» является одним из основных специальных курсов подготовки инженеров-химиков-технологов. Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении теоретических, общеинженерных и всех химических дисциплин, логически связана с дисциплинами «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая, коллоидная химия и физико-химические методы анализа», «Химия и физика полимеров», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс», «Технология пластических масс», «Теоретические основы переработки полимеров», «Охрана труда».

Основной целью дисциплины является получение студентами навыков профессиональной деятельности, заключающихся в освоении методов и технологий переработки пластмасс в изделия, а также способов определения их технологических и физико-механических свойств.

Задача дисциплины – изучение основных технологических процессов переработки полимерных материалов и методов определения их свойств.

Программа дисциплины разработана с учетом последних достижений технологии и науки переработки полимеров.

В результате изучения дисциплины студент должен знать классификацию методов переработки пластмасс; технологию переработки пластмасс существующими методами; особенности переработки основных пластмасс конкретными методами; возможность регулирования свойств изделий из пластмасс различными приемами; основные свойства изделий и области их применения.

Кроме того, студент должен уметь применять теоретические основы курса для решения конкретных практических задач; проводить материальные расчеты; подбирать и вести расчеты основного технологического оборудования; выполнять проекты цеха (участка) по производству изделий из пластмасс; экспериментально определять свойства полимерных материалов и соответствие их требованиям стандартов, а также свойства изделий из пластмасс и соответствие их требованиям стандартов (технических условий).

4.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основе программы курса «Технология переработки пластмасс», утвержденной ректором УО «БГТУ» 04.01.2010 г. (№ УД-248/баз.).

Введение

Развитие и перспективы роста промышленности пластических масс. Промышленность переработки пластмасс в СНГ и Республике Беларусь. Современное состояние отечественной и мировой промышленности переработки пластмасс и перспективы ее развития.

4.1.1. Классификация, состав и свойства основных полимерных материалов

Пластические массы. Классификация. Термопласты, реактопласты. Основные компоненты. Свойства. Области применения.

Резины. Эластомеры. Резиновые смеси. Состав резин. Ингредиенты. Области использования резин.

Волокна. Природные, химические (искусственные и синтетические). Производство, свойства, применение.

Клеи. Природные, синтетические клеи. Составные компоненты. Свойства.

Лакокрасочные материалы. Классификация. Пленкообразующие вещества. Основные компоненты. Виды лакокрасочных материалов. Свойства и применение.

Классификация методов переработки пластических масс. Выбор оптимальных в технико-экономическом отношении методов переработки пластмасс.

4.1.2. Технологические свойства пластмасс

Определение текучести термопластов. Текучесть реактопластов. Определение технологических характеристик терморезактивных пластмасс пластометрическим методом. Определение времени выдержки при отверждении.

Усадка изделий из пластмасс.

Влажность полимеров.

Дисперсность, гранулометрический состав, удельный объем, сыпучесть и таблетированность пластмасс.

4.1.3. Подготовка полимерной композиции к переработке

Смешение. Смесители. Структурная и механическая неоднородность смесей. Оценка качества смешения. Смесии полимеров.

Сушка. Сушиллки.

Растворение как один из приемов переработки пластических масс.

Измельчение. Гранулирование. Таблетирование. Предварительное нагревание реактопластов.

4.1.4. Переработка термопластов экструзией

Сущность процесса экструзии. Плунжерная, червячная и дисковая экструзия. Технологический процесс червячной экструзии. Подготовка материалов к переработке. Хранение сырья. Сушка термопластов. Транспортировка сырья к экструзионным агрегатам и загрузка его в бункер.

Экструзия термопластов. Червячные прессы. Червяк, цилиндр машины, загрузочная воронка, формующая головка. Зоны червяка. Упрощенная гидродинамическая теория червячной экструзии. Виды потоков. Распределение давления по длине корпуса экструдера. Температурный режим экструзии.

Производительность экструзионной установки. Связь производительности с геометрией червяка и переменными параметрами режима экструзии. Расход через головку. Коэффициент сопротивления головки. Влияние характеристик червяка и головки на производительность экструдера. Рабочая область экструзии. Адиабатическая экструзия. Многошнековые прессы.

Контроль и хранение готовой продукции.

Производство листов. Работа агрегата. Листовальная головка. Калибровка листа. Получение многослойных листов экструзионным и валково-каландровым способами. Ламинирование и кэширование.

Получение пленок. Рукавный метод получения пленок. Формующая головка. Прием рукава. Степень раздува и продольной вытяжки. Температурный режим процесса.

Плоскощелевой метод получения пленок. Виды брака при экструзии. Особенности технологии формования пленок из различных полимеров.

Многослойные пленки. Способы получения. Области применения многослойных пленок.

Производство сеток экструзией.

Производство труб экструзией. Работа агрегата. Трубная головка. Калибровка трубы. Технологические параметры экструзии труб и шлангов.

Гофрированные трубы. Технология производства гофрированных труб. Пултрузия.

Получение труб большого диаметра навиванием экструдированного профиля.

Производство профильных изделий. Работа агрегата. Виды профилей.

Нанесение покрытий на провода и кабели. Поточные линии для двухслойного прессования.

Изготовление полых изделий экструзионно-выдувным методом. Классификация способов. Выдувное формование всасыванием заготовки. Технологическая схема процесса. Основные параметры. Виды брака.

4.1.5. Вальцевание и каландрование

Сущность процесса. Основные процессы, происходящие в материале при вальцевании и каландровании.

Конструкция вальцов. Назначение валкового оборудования и его типы.

Типы каландров. Операции, выполняемые на каландрах. Основные закономерности процесса каландрования. Способы компенсации прогиба валков. Технология получения пленок из винилпласта. Технология получения пленок из пластиката. Технологические процессы с использованием каландров. Изготовление

пленок из поливинилхлорида вальцово-каландровым методом. Дублирование пленок. Двухсторонняя обкладка. Двухсторонняя промазка. Листование.

4.1.6. Переработка термопластов литьем под давлением

Технологический процесс литья под давлением. Подготовка материалов к переработке. Хранение сырья. Окрашивание пластмасс. Сушка пластмасс. Транспортировка сырья к литьевым машинам и загрузка его в бункер.

Процесс литья под давлением. Основные параметры литьевой машины. Применяемые материалы. Двухцветное литье. Интрузия. Инжекционное литье. Предварительная пластикация термопластов. Схемы узлов впрыскивания с предварительной пластикацией. Литьевые формы. Литниковые системы. Технологические параметры литья. Температурный режим нагревательного цилиндра. Температура формы. Выбор температурного режима. Давление в цилиндре и форме. T - P -диаграмма. Время впрыска. Продолжительность цикла. Ориентация и внутренние напряжения. Литье кристаллизующихся полимеров. Литье аморфных полимеров. Влияние технологических параметров на усадку.

Обработка изделий и контроль их качества. Механическая обработка. Термическая обработка. Контроль качества изделий. Упаковка и хранение готовой продукции.

Брак при литье под давлением и его предупреждение. Особенности литья различных термопластов.

Многоцветное литье. Многокомпонентное литье. Двухкомпонентное литье под низким давлением. Литье со сборкой. Сэндвич-литье.

Микрослоистое литье. Микролитье. Литье с подачей сжатого газа. Литье с использованием легкоплавких пуансонов.

Технология вибрационного воздействия при литье под давлением.

Литье под давлением вспенивающихся термопластов. Двухкомпонентное литье под низким давлением. Особенности литья вспенивающихся термопластов.

Использование отходов.

4.1.7. Получение пленок методом полива

Нанесение покрытий из растворов и водных дисперсий. Сущность процесса. Ориентационные явления и структура пленок.

Влияние эмульгатора на структуру и свойства пленок. Перерабатываемые материалы. Получение эфино-целлюлозных пленок и пленок из поликарбоната.

4.1.8. Ротационное формование

Сущность метода. Используемое оборудование. Особенности технологии. Перерабатываемые материалы.

4.1.9. Формование изделий из листовых материалов

Сущность метода. Используемые листовые материалы. Основные методы формования изделий из листов.

Штампование. Принципы формования (при помощи матрицы и пуансона; с эластичным пуансоном; протяжкой; с проскальзыванием в прижимной раме).

Вакуумформование (негативный метод формования; позитивный метод; свободное вакуумформование с предварительной вытяжкой толкателем; сжатым воздухом и др.).

Пневмоформование (в негативную форму; с применением толкателя; свободное выдувание).

Комбинированное позитивно-негативное формование.

Технологический процесс формования. Хранение листовых материалов. Разметка и разрезание листа. Формование.

Температура нагрева листовой заготовки. Методы нагревания термопластов. Температура формы. Формующий перепад давления. Скорость вытяжки листа. Механическая обработка. Использование отходов. Виды брака при термоформовании.

Изготовление изделий на многопозиционных машинах. Использование процесса формования в сочетании с процессом получения листовых материалов.

Термопласты, используемые для термоформования.

4.1.10. Переработка терморезактивных материалов

Сущность процесса прессования терморезактивных материалов. Прямое (компрессионное) и литьевое (трансферное) прессование. Оборудование для прессования и прессформы. Физико-химические процессы, происходящие при прессовании.

Технологический процесс прессования. Подготовка пресс-материалов. Хранение и сушка пресс-материалов. Сепарирование. Таблетирование прессовочных материалов. Нормы точности массы таблеток. Уплотнение волокнистых материалов. Предварительный нагрев пресс-материалов. Влияние предварительного нагрева на режим прессования и свойства изделий.

Прессование изделий. Дозировка пресс-материалов. Подготовка арматуры и установка пресс-материала в форму. Закрывание пресс-формы. Подпрессовки. Режим прессования. Температура. Удельное давление прессования. Выдержка пресс-материала в форме. Взаимосвязь параметров режима прессования и их влияния на качество готовых изделий. Контроль процесса прессования. Разъем пресс-формы и извлечение изделия. Последующая обработка изделий и их контроль. Термическая обработка. Механическая обработка. Контроль изделий.

Брак и его предупреждение. Использование отходов.

Особенности прессования фенолоформальдегидных пресс-порошков, аминопластов, волокнита, стекловолокнитов, асбонаполненных прессматериалов и материалов с крошкообразным наполнителем.

Прессование термопластов. Холодное прессование (спекание).

4.1.11. Литье реактопластов под давлением

Сущность процесса литья под давлением термореактивных материалов. Особенности технологии. Конструктивное оформление процесса. Требования к перерабатываемому материалу. Технологические параметры режима литья под давлением. Преимущества процесса, перспективы применения.

4.1.12. Формование изделий из армированных пластиков

Армированные пластики. Стеклопластики. Органопластики. Углепластики.

Типы связующих, применяемые для получения стеклопластиков: требования, предъявляемые к ним, и свойства. Стеклонаполнители. Получение, типы, свойства и обработка стеклянных волокон. Нити, ровинги, маты, ткани и др. Поверхностные явления на границе раздела стекловолокно – полимер. Факторы,

влияющие на величину адгезии полимеров. Обработка поверхности стеклонаполнителей с целью повышения адгезии. Аппрету. Методы получения изделий из стеклопластиков. Контактное формование. Напыление. Формование с помощью эластичной диафрагмы. Формование путем пропитки армирующего наполнителя связующим под давлением в замкнутой форме. Прессование. Центробежное формование. Получение изделий намоткой. Изготовление труб и профилей протяжкой (пултрузией). Непрерывный метод получения листовых стеклопластиков. Применение стеклопластиков в различных областях техники. Охрана труда при изготовлении изделий из стеклопластиков.

4.1.13. Литье без давления

Производство изделий из капролона. Схема процесса. Особенности технологии. Производство изделий из композиций на основе винакрила. Производство изделий их эпоксидных композитов.

4.1.14. Сварка пластмасс

Общие представления о процессе. Сварка нагретым газом, нагретым инструментом, трением, нагревом в электрическом поле высокой частоты, ультразвуком, инфракрасная сварка.

4.1.15. Склеивание пластмасс

Общие представления. Особенности склеивания изделий из термо- и реактопластов. Типы клеев и требования к ним. Технологический процесс склеивания.

4.1.16. Механическая обработка пластмасс

Особенности переработки пластмасс резанием. Виды механической обработки. Распиловка, вырубка, сверление, нарезание резьбы. Зачистка готовых деталей. Специализированное и универсальное оборудование. Галтовка, виброзачистка, зачистка изделий из термопластов с использованием глубокого охлаждения, зачистка изделий с применением косточковых и пластоструйных установок.

4.1.17. Напыление пластмасс, футерование и герметизация изделий

Напыление пластмасс. Сущность метода. Вихревое, вибрационное, вибровихревое и струйное напыление. Газопламенное напыление. Плазменный метод. Электростатический метод напыления.

4.1.18. Декоративная обработка и отделка изделий из пластмасс

Печатание на изделиях из пластмасс. Высокая, флексографская, плоская (офсетная) и глубокая печать. Декорирование изделий из пластмасс методом горячего тиснения фольгой. Декалькомания. Мокрый, сухой и термический способы декалькомании. Аппликация. Накладная аппликация. Заформованная аппликация.

4.1.19. Радиационно-химическое модифицирование полимеров

Возможности радиационно-химического модифицирования изделий из пластмасс. Термоусаживающиеся радиационно-модифицированные материалы.

4.1.20. Металлизация изделий из пластмасс

Металлизация пневмораспылением. Металлизация в псевдоожиженной среде дисперсного металла. Электролитическое осаждение металлов. Металлизация изделий из термопластов напылением в вакууме.



4.2. Контрольные задания

Программой предусматривается выполнение двух контрольных работ по курсу «Технология переработки пластмасс». При выполнении первой контрольной работы студент должен дать ответы на четыре вопроса, при выполнении второй контрольной работы – на три вопроса. К выполнению контрольных работ

приступают после изучения соответствующих разделов программы курса: к контрольной работе № 1 – разделов 4.1.1–4.1.6 программы, к контрольной работе № 2 – разделов 4.1.7–4.1.20. Номера вопросов выбираются из нижеприведенной таблицы по первым четырем и трем буквам фамилии студента соответственно. При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени. Если в фамилии студента меньше четырех букв, то номера последних вопросов устанавливаются по последней букве фамилии или имени.

Буква фамилии	Номера контрольных вопросов						
	Работа № 1				Работа № 2		
А	1	18	35	52	69	86	103
Б, В	2	19	36	53	70	87	104
Г, Д	3	20	37	54	71	88	105
Е	4	21	38	55	72	89	106
Ж, З	5	22	39	56	73	90	107
И, К	6	23	40	57	74	91	108
Л, М	7	24	41	58	75	92	109
Н, О	8	25	42	59	76	93	110
П, Р	9	26	43	60	77	94	111
С, Т	10	27	44	61	78	95	112
У	11	28	45	62	79	96	113
Ф, Х	12	29	46	63	80	97	114
Ц, Ч	13	30	47	64	81	98	115
Ш, Щ	14	31	48	65	82	99	116
Ъ, Ъ, Ы	15	32	49	66	83	100	117
Э, Ю	16	33	50	67	84	101	118
Я	17	34	51	68	85	102	119

Контрольные вопросы

1. Современное состояние промышленности переработки пластмасс в СНГ и Республике Беларусь и перспективы ее развития.
2. Пластмассы: классификация, основные компоненты.
3. Свойства и области применения пластмасс.
4. Резины: состав, компоненты, области использования.
5. Клеи: классификация, состав, свойства.
6. Лакокрасочные материалы: классификация, основные компоненты, свойства, применение.

7. Классификация методов переработки пластических масс. Специфика подбора метода для выпуска конкретного вида изделия.
8. Наполнители. Закономерности изменения свойств полимеров при введении наполнителей. Особенности процессов переработки наполненных полимеров.
9. Пластификаторы. Изменение свойств полимеров при пластификации.
10. Стабилизаторы. Основные виды деструктивных процессов и их механизм. Стабилизация полимеров.
11. Сшивающие агенты. Требования к полимерам и сшивающим агентам. Свойства сшитых полимеров.
12. Подготовка полимерной композиции к переработке. Смешение. Оценка качества смешения. Смеси полимеров.
13. Подготовка полимерной композиции к переработке. Сушка. Избыточная влажность и способы ее устранения.
14. Подготовка полимерной композиции к переработке. Измельчение, гранулирование.
15. Подготовка полимерной композиции к переработке. Таблетирование и предварительный нагрев реактопластов.
16. Текучесть термопластов. Текучесть реактопластов. Методы определения.
17. Определение технологических характеристик терморезактивных пластмасс пластометрическим методом.
18. Определение времени выдержки пластмасс при отверждении.
19. Усадка изделий из пластмасс.
20. Влажность полимерных материалов.
21. Дисперсность, гранулометрический состав, удельный объем, сыпучесть и таблетруемость пластмасс.
22. Сущность процесса экструзии. Плунжерная, червячная и дисковая экструзия.
23. Технологический процесс червячной экструзии. Подготовка материала к переработке, хранение сырья, сушка, транспортировка, загрузка в бункер.
24. Червячные прессы для пластмасс. Основные узлы машины. Двухшнековые экструдеры.
25. Упрощенная гидродинамическая теория червячной экструзии. Виды потоков расплава в червячных машинах. Распределение давления по длине корпуса экструдера.
26. Температурный режим экструзии термопластов. Адиабатическая экструзия.

27. Производительность экструзионной установки. Связь производительности с геометрией червяка и переменными параметрами режима экструзии. Рабочая область экструзии.
28. Контроль и хранение готовой продукции.
29. Использование процесса экструзии для получения гранулированного материала.
30. Производство листов экструзией. Технологическая линия.
31. Производство листов экструзией. Листовальная головка. Способы калибровки листа.
32. Получение многослойных листов экструзионным способом. Основные преимущества многослойных материалов.
33. Способы придания глянца поверхности листа.
34. Рукавный метод получения полимерных пленок. Особенности технологии.
35. Рукавный метод получения полимерных пленок. Степень раздува и продольной вытяжки. Температурный режим процесса.
36. Плоскощелевой метод получения полимерных пленок. Особенности технологии.
37. Особенности формирования пленок экструзией из различных полимеров.
38. Многослойные пленки. Достоинства и области применения. Способы их получения.
39. Термоусаживающиеся и стретч-пленки. Технологии их получения.
40. Производство труб экструзией. Технологическая схема.
41. Производство труб экструзией. Трубная головка. Головки для получения многослойной трубы.
42. Способы калибровки труб.
43. Гофрированные трубы из термопластов. Технология получения.
44. Получение труб и профилей пултрузией.
45. Производство профильных изделий из термопластов. Технология получения. Виды профилей. Контроль качества.
46. Нанесение покрытий на провода и кабели. Технологическая схема. Полимерные материалы для покрытий. Многослойные покрытия.
47. Изготовление полых пластмассовых изделий экструзионно-выдувным методом. Классификация способов.
48. Экструзионно-выдувной метод. Технологическая схема.

49. Экструзионно-выдувной метод. Типы головок. Формы. Особенности технологии. Преимущества раздувных изделий над стеклянной и алюминиевой тарой.

50. Основные процессы, происходящие в полимерном материале при вальцевании и каландровании. Конструкция вальцов и каландров и их работа.

51. Основные закономерности процесса каландрования. Каландровый эффект. Способы компенсации прогиба валков.

52. Технологические процессы с использованием каландров.

53. Сущность процесса литья под давлением термопластов. Литьевые машины и формы, литниковые системы форм.

54. Подготовка литьевых термопластов к переработке. Хранение сырья. Окрашивание пластмасс.

55. Подготовительные операции процесса литья под давлением. Сушка термопластов. Различные способы транспортировки материала к литьевым машинам и загрузки в бункер.

56. Температурный режим нагревательного цилиндра и формы при литье под давлением термопластов. Выбор температурного режима.

57. Давление в цилиндре и форме при литье под давлением термопластов. T - P -диаграмма.

58. Время впрыска при литье под давлением термопластов. Продолжительность цикла.

59. Ориентационные явления при литье под давлением. Способы воздействия на степень ориентации и напряженность получаемых изделий.

60. Влияние технологических параметров на усадку. Различия в литье аморфных и кристаллических полимеров.

61. Брак при литье под давлением термопластов и его предупреждение.

62. Многоцветное литье. Многокомпонентное литье.

63. Микрослоистое литье и микролитье.

64. Литье с подачей сжатого газа.

65. Литье с вибрационным воздействием. Литье с использованием легкоплавких пуансонов.

66. Литье под давлением вспенивающихся термопластов.

67. Особенности литья полистирола, полиолефинов, поливинилхлорида, полиамидов, поликарбоната, полиметилметакрилата.

68. Использование и переработка отходов литьевого производства.

69. Ротационное формование полимерных материалов. Перерабатываемые материалы. Используемое оборудование. Особенности технологии.

70. Получение полимерных пленок методом полива. Нанесение покрытий из растворов и водных дисперсий.

71. Получение полимерных пленок методом полива. Перерабатываемые материалы. Ориентационные явления и структура пленок.

72. Штампование листовых материалов. Принципы формования (при помощи матрицы и пуансона; эластичным пуансоном; протяжкой; с проскальзыванием листа в прижимной раме).

73. Вакуумформование листовых материалов (негативный метод формования; позитивный метод; свободное вакуумформование; формование с предварительной вытяжкой толкателем, сжатым воздухом и др.).

74. Пневмоформование листовых материалов (в негативную форму; с применением толкателя; свободное выдувание).

75. Технологический процесс формования. Получение и хранение листовых материалов. Разметка и раскрой листа. Формование.

76. Температура нагрева листовой заготовки для формования. Нагреватели. Температура формы.

77. Формующий перепад давления при формовании листовых материалов. Скорость вытяжки листа и влияние ее на качество изделий.

78. Механическая обработка после термоформования. Использование отходов. Виды брака при термоформовании.

79. Изготовление изделий из листовых материалов на многопозиционных формовочных машинах.

80. Прессование термореактивных материалов. Прямое (компрессионное) и литьевое (трансферное) прессование.

81. Прессование термореактивных материалов. Оборудование для прессования и пресс-формы.

82. Физико-химические процессы, происходящие при прессовании термореактивных материалов.

83. Подготовка пресс-материалов к переработке. Хранение, сушка пресс-материалов.

84. Предварительный подогрев пресс-материалов. Влияние предварительного нагрева на режим прессования и свойства изделий.

85. Прессование изделий из термореактивных материалов. Дозировка пресс-материалов. Загрузка пресс-материалов в форму. Подпрессовки.

86. Прессование изделий из термореактивных материалов. Контроль процесса. Извлечение изделий.
87. Температура при прессовании термореактивных пластмасс.
88. Удельное давление прессования реактопластов.
89. Выдержка пресс-материала в форме.
90. Брак при прессовании термореактивных пластмасс и его предупреждение.
91. Литье под давлением термореактивных материалов. Особенности технологии. Конструктивное оформление процесса. Требования к перерабатываемому материалу.
92. Армированные пластики. Виды используемых наполнителей, типы связующих.
93. Стеклопластики. Обработка поверхности стеклонаполнителей с целью повышения адгезии. Аппреты. Поверхностные явления на границе раздела стекловолокно – полимер.
94. Изготовление изделий из стеклопластиков контактным формованием и напылением.
95. Формование изделий из стеклопластиков путем пропитки наполнителя под давлением в замкнутой форме и центробежным формованием.
96. Получение изделий из стеклопластиков намоткой.
97. Изготовление труб и профилей из стеклопластиков протяжкой (пултрузией).
98. Изготовление листовых стеклопластиков непрерывным методом.
99. Литье без давления. Схема процесса. Производство изделий из капролона.
100. Литье без давления. Блочная полимеризация метилметакрилата.
101. Получение изделий из эпоксидных компаундов. Технологические параметры. Наполненные и ненаполненные композиции холодного и горячего отверждения.
102. Формование газонаполненных пластмасс. Прессовый и беспрессовый методы.
103. Получение интегральных пенопластов. Рецептатура и технологические параметры процесса.
104. Сварка пластмасс нагретым газом, нагретым инструментом.
105. Сварка пластмасс трением, ИК-сварка.
106. Сварка пластмасс нагревом в электрическом поле высокой частоты и ультразвуком.

107. Склеивание пластмасс. Типы клеев и требования к ним. Технологический процесс склеивания.

108. Механическая обработка изделий из пластмасс. Виды механической обработки, применяемое оборудование.

109. Вихревое, вибрационное, вибровихревое и струйное напыление пластмасс.

110. Газопламенное напыление пластмасс. Плазменный и электростатический методы напыления. Сравнение методов напыления.

111. Герметизация изделий полимерными материалами.

112. Радиационно-химическое модифицирование полимеров. Термоусаживающиеся радиационно-модифицированные материалы.

113. Модификация свойств листовых материалов и полимерных пленок под действием растягивающих усилий. Технология и аппаратное оформление ориентации пленочных материалов.

114. Термическая обработка изделий из пластмасс. Особенности термической обработки деталей из термопластов и терморезистивных материалов.

115. Печатание на изделиях из пластмасс. Высокая печать, флексографическая, плоская (офсетная) и глубокая печать.

116. Декорирование изделий из пластмасс методом горячего тиснения фольгой.

117. Декорирование изделий из пластмасс декалькоманией. Мокрый, сухой и термический способы декалькомании.

118. Аппликация. Накладная аппликация. Заформованная аппликация.

119. Металлизация изделий из термопластов напылением в вакууме.



Рекомендуемая литература

1. Оленев, Б. А. Проектирование производств по переработке пластических масс / Б. А. Оленев, Е. М. Мордкович, В. Ф. Калюшин. – М.: Химия, 1982. – 256 с.

2. Пискарев, А. А. Нормирование расхода пластмасс в производствах их переработки / А. А. Пискарев. – М.: Химия, 1989. – 96 с.

3. Бортников, В. Г. Производство изделий из пластических масс: в 3 т. / В. Г. Бортников. – Казань: Дом печати, 2001–2004. –

Т. 1: Теоретические основы проектирования изделий, дизайн и расчет на прочность. – 2001. – 246 с.

4. Бортников, В. Г. Производство изделий из пластических масс: в 3 т. / В. Г. Бортников. – Казань: Дом печати, 2001–2004. – Т. 2: Технология переработки пластических масс. – 2002. – 399 с.

5. Бортников, В. Г. Производство изделий из пластических масс: в 3 т. / В. Г. Бортников. – Казань: Дом печати, 2001–2004. – Т. 3: Проектирование и расчет технологической оснастки. – 2004. – 311 с.

6. Основы технологии переработки пластмасс / С. В. Власов [и др.]. – М.: Химия, 2004. – 600 с.

7. Справочник по технологии изделий из пластмасс / под ред. Г. Е. Сагалаева [и др.]. – М.: Химия, 2000. – 424 с.

8. Гуль, В. Е. Основы переработки пластмасс / В. Е. Гуль, М. С. Акутин. – М.: Химия, 1985. – 400 с.

9. Калинин, Э. Л. Оборудование для литья пластмасс под давлением / Э. Л. Калинин, Е. И. Калинин, М. Е. Саковцева. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

10. Лукач, Ю. Е. Оборудование для производства полимерных пленок / Ю. Е. Лукач, А. Д. Петухов, В. А. Сенатос. – М.: Машиностроение, 1981. – 221 с.

11. Володин, В. П. Экструзия профильных изделий из термопластов / В. П. Володин. – СПб.: Профессия, 2005. – 480 с.

12. Раувендааль, К. Экструзия полимеров / К. Раувендааль; под ред. А. Я. Малкина. – СПб.: Профессия, 2006. – 800 с.

13. Ревяко, М. М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс / М. М. Ревяко, О. М. Касперович. – Минск: БГТУ, 2005. – 344 с.

14. Масенко, Л. Я. Гофрированные трубы из пластмасс / Л. Я. Масенко. – М.: Химия, 1989. – 88 с.

15. Шерышев, М. А. Переработка листов из полимерных материалов / М. А. Шерышев, В. С. Ким. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.

16. Иллиг, А. Термоформование. Практическое руководство / А. Иллиг, П. Шварцманн; под ред. М. А. Шерышева. – СПб.: Профессия, 2006. – 300 с.

17. Технология полимерных материалов: учеб. пособие / А. Ф. Николаев [и др.]; под общ. ред. В. К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2008. – 544 с.

18. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебное пособие / М. Л. Кербер [и др.]; под ред. А. А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

При создании новых материалов главной задачей является улучшение комплекса физико-механических свойств. Под термином «полимерные композиционные материалы» (ПКМ) понимают гетерофазные структуры, состоящие из двух или более компонентов, где один компонент является матрицей, в которой определенным образом распределены другие компоненты, отделенные от матрицы границей раздела. Таким образом, каждый компонент в композите сохраняет индивидуальность. Совокупность их действия дает возможность получать материалы, свойства которых намного превосходят характеристики исходных материалов. Получение композиционных полимерных материалов в последние годы стало генеральной линией развития технологии переработки пластмасс и рассматривается как основной резерв получения новых материалов с улучшенными свойствами.

Цель дисциплины: дать представление о современном состоянии проблемы получения полимерных композиционных материалов; изучить теоретические и практические принципы получения композитов, физико-химические основы получения композитов, особенности составляющих композитов, методы получения наполненных композитов; дать представление об основном оборудовании для получения ПКМ и их переработки в изделия; показать главные направления применения ПКМ, их экономическую и экологическую значимость.

В результате изучения дисциплины студент должен знать принципы формирования композитов, подбора компонентов; методы модификации полимерной матрицы композита; физико-химические закономерности совмещения полимеров с ингредиентами; физико-химические закономерности совместимости полимеров; технологии получения композитов различных классов; назначение, области применения и свойства композитов. Кроме

того, студент должен уметь оценивать вероятность совмещения полимеров между собой и с предлагаемыми добавками; использовать теоретические и практические знания, полученные при изучении специальных технологических дисциплин; прогнозировать свойства композитов, подбирая состав и соотношение используемых компонентов.

Дисциплина «Технология композиционных материалов» включает следующие разделы: физико-химические основы получения композиционных полимерных материалов; технологии получения различных типов ПКМ.

5.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основании программы курса «Технология композиционных материалов», утвержденной ректором УО «БГТУ» 22.03.2010 г. (№ УД-287/баз.).

Введение

Проблема модификации свойств изделий из композиционных полимерных материалов. Цель создания полимерных композитов, их роль и место изделий из них в современном обществе. Основные компоненты композитов.

Классификация полимерных композитов по типу армирующих наполнителей и способам армирования. Экологические аспекты создания полимерных композитов и их переработки. Безотходные технологии производства. Технико-экономическая эффективность использования ПКМ.

5.1.1. Физико-химические закономерности совмещения и смешения основного полимерного и вторичного сырья

Классификация полимерных композитов по типу армирующих наполнителей и способам армирования. Экологические аспекты создания полимерных композитов и их переработки. Технико-экономическая эффективность использования ПКМ.

Адгезия и адгезионная прочность; методы определения, взаимодействие границы раздела между полимером и наполнителем.

Методы определения поверхностной энергии и поверхностного натяжения полимеров. Условия смачивания и растекания полимерных связующих по поверхности наполнителя. Пути повышения смачивающей способности связующих. Влияние чистоты и морфологии поверхности, условий формирования адгезионного соединения: температуры, давления, времени.

Адсорбция адгезива на поверхности субстрата, ее роль в формировании границы раздела граничного слоя и адгезионной прочности ПКМ. Основные отличия адсорбции полимеров от адсорбции низкомолекулярных веществ.

Диффузионные процессы в системах полимер – полимер. Поверхностная, объемная, сегментальная, локальная диффузия. Факторы, влияющие на скорость диффузионных процессов. Роль диффузии в формировании адгезионного взаимодействия. Основные пути регулирования адгезионной прочности ПКМ.

Остаточные напряжения в изделиях из ПКМ. Причины их возникновения, методы оценки, пути снижения.

Смещение полимеров. Требования к смешиваемым полимерам. Оценка качества смешения. Совместимость полимеров. Сегментальная растворимость. Устойчивость двухфазных смесей. Изменение свойств полимеров при смешении. Смещение полимеров как метод пластификации. Механические свойства смесей. Использование совместимых полимеров.

Термопласты для производства ПКМ. Модификация полимерной матрицы.

Смеси полимеров. Малые добавки структурных модификаторов, привитые, блок-сополимеры, прививка функциональных групп.

Пластификаторы. Назначение пластификаторов. Требования к пластификаторам. Теоретические основы пластификации. Совместимость полимеров и пластификаторов. Молекулярная и структурная пластификация. Влияние пластификаторов на температуру перехода и деформационную устойчивость полимерных материалов. Влияние пластификаторов на формуемость и качество изделий из ПКМ.

Полимерные материалы на основе отверждающихся олигомеров. Отвердители, катализаторы, инициаторы, ускорители отверждения. Влияние сшивающих добавок на процесс отверждения олигомеров. Режимы и условия отверждения различных термореактивных олигомеров. Свойства отвержденных полимерных материалов в зависимости от типа связующих, отвердителя и режима отверждения.

Сшивание термопластичных полимерных материалов. Требования к сшивающим агентам и полимерам. Органические пероксиды. Соагенты пероксидного сшивания. Свойства сшитых композитов, их использование. Фотохимическое сшивание полимеров. Свойства и использование фотохимически сшитых полимеров. Радиационно-химическое сшивание полимеров. Свойства и использование сшитых радиационным методом полимеров. Переработка сшитых полимеров.

5.1.2. Наполненные полимеры

Теоретические основы процесса наполнения. Понятие межфазного слоя. Модель наполненной системы. Взаимодействие полимера с наполнителем. Закономерности изменения свойств полимеров при наполнении. Зависимость пластичности, величины усадки, уровня внутренних напряжений в изделиях, а также прочности, водостойкости, диэлектрических характеристик, фрикционных и антифрикционных свойств, теплостойкости изделий от типа наполнителя и его количества в системе. Методы подготовки наполнителей для ПКМ. Физико-химические методы аппретирования наполнителей. Механохимическое модифицирование наполнителей. Структурообразование полимеров в присутствии наполнителей.

Дисперсные наполнители, используемые в производстве ПКМ (органические, минеральные, полимерные, синтетические). Композиты с дисперсными наполнителями, получение, переработка, свойства в зависимости от типа полимера и наполнителя.

Армирующие наполнители. Стекловолокнистые наполнители. Состав и свойства стекловолокон. Стекловолокнистые ровинги, ткани, маты, нетканые рулонные материалы. Силикатные, углеродные, борные, кварцевые и другие высокомодульные волокна. Получение волокон. Органические волокна на основе алифатических и ароматических полиолефинов, полиамидов, полиэфиров.

Термореактивные композиты. Термореактивные композиты с армирующими ориентированными и неориентированными наполнителями. Листовые наполнители. Листовые наполнители для производства слоистых пластиков.

Премиксы. Состав премиксов и особенности их получения. Методы получения изделий из премиксов. Области использования изделий из премиксов, перспективы их развития. Премиксы

с использованием наноматериалов. Особенности их строения и использования.

Препреги. Состав препрегов. Методы их получения. Виды переработки препрегов в изделия. Области использования изделий из препрегов.

Газонаполненные композиты. Способы газонаполнения. Классификация газонаполненных ПКМ и газонаполнителей. Особенности получения газонаполненных ПКМ на основе разных полимеров.

Интегральные пенопласты. Их характеристика и методы получения. Сотопласты.

Методы получения изделий из композитов.



5.2. Контрольные задания

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на три вопроса. Номера вопросов устанавливаются по нижеприведенной таблице по первым трем буквам фамилии студента. При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов		
А	1	21	41
Б, В	2	22	42
Г, Д	3	23	43
Е	4	24	44
Ж, З	5	25	45
И	6	26	46
К	7	27	47
Л	8	28	48
М	9	29	49
Н	10	30	50
О	11	31	51
П	12	32	52
Р	13	33	53
С, Т	14	34	54
У	15	35	55
Ф, Х	16	36	56
Ц, Ч	17	37	57
Ш, Щ	18	38	58
Ы, Ь, Ъ	19	39	59
Э, Ю, Я	20	40	60

Контрольные вопросы

1. Основные понятия технологии композиционных материалов.
2. Общая классификация полимерных композитов.
3. Классификация полимерных композитов по природе матрицы и наполнителя и по количеству компонентов.
4. Классификация полимерных композитов по структуре и степени ориентации наполнителя и методам изготовления изделий.
5. Волокнисто-упрочненные композиты.
6. Дисперсно-упрочненные композиты.
7. Армирующие волокна. Требования к эксплуатационным свойствам.
8. Матрица. Ее функции.
9. Поверхностная теория измельчения.
10. Объемная теория измельчения.
11. Смещение. Оценка качества смещения.
12. Простое смещение.
13. Диспергирующее смещение.
14. Совместимость полимеров.
15. Слой сегментальной растворимости. Механические свойства смесей.
16. Пластификация.
17. Молекулярная пластификация.
18. Структурная пластификация.
19. Основные задачи пластификации.
20. Сшивание полимеров.
21. Теория гелеобразования.
22. Радиационно-химическое сшивание.
23. Фотохимическое сшивание.
24. Химическое сшивание.
25. Сшивающие агенты химического сшивания полиолефинов.
26. Диффузионный метод сшивания.
27. Сшивание наполненных композиций.
28. Дисперсные наполнители: типы и природа.
29. Неорганические дисперсные наполнители.
30. Механические свойства ПКМ.
31. Способы газонаполнения полимеров.
32. Классификация газонаполненных полимеров.
33. Понятие ГСЭ (газоструктурного элемента).

34. Классификация газообразователей. Химические газообразователи.
35. Классификация газообразователей. Физические газообразователи.
36. Жесткие пенопласты на основе ПВХ.
37. Эластичные пенопласты на основе ПВХ. Применение.
38. Беспрессовый метод получения ППС. Применение.
39. Прессовый метод получения ППС. Применение.
40. Газонаполненные пенопласты.
41. Получение жесткого ППУ. Применение.
42. Получение эластичного ППУ. Применение.
43. Пенопласт «Мипора».
44. Сотопласты.
45. Интегральные пенопласты.
46. Переработка пенопластов литьем под давлением.
47. Переработка пенопластов экструзией.
48. Стекловолокно. Получение, свойства, применение.
49. Материалы из стекловолокна.
50. Борные волокна.
51. Углеродные волокна.
52. Арамидные волокна.
53. Полиамидные волокна.
54. Получение премиксов.
55. Премиксы. Требования к полимерам.
56. Препреги. Получение. Назначение.
57. Получение препрегов методом намотки.
58. Получение препрегов методом пропитки.
59. Получение изделий из препрегов методом послойной выкладки.
60. Получение изделий из препрегов методом эластичной диафрагмы.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Берлин, А. А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров / А. А. Берлин, Ф. А. Шутов. – М.: Химия, 1978. – 296 с.

2. Козлов, В. П. Физико-химические основы пластификации полимеров / В. П. Козлов, С. П. Панков. – М.: Химия, 1982. – 224 с.
3. Кулезнев, В. Н. Смеси полимеров / В. Н. Кулезнев. – М.: Химия, 1980. – 304 с.
4. Липатов, Ю. С. Физико-химические основы наполнения полимеров / Ю. С. Липатов. – М.: Химия, 1991. – 260 с.
5. Наполнители для полимерных композиционных материалов: справ. пособие / под ред. Г. С. Каца, Д. В. Милевски. – М.: Химия, 1981. – 736 с.
6. Справочник по композиционным материалам: в 2 т. / под ред. Дж. Любина. – М.: Машиностроение, 1988. – 2 т.
7. Композиционные материалы: справочник / под ред. В. В. Васильева. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

Дополнительная

1. Дедюхин, В. Г. Прессованные стеклопластики / В. Г. Дедюхин, В. П. Ставров. – М.: Химия, 1976. – 272 с.
2. Конструкционные стеклопластики / В. И. Альперин [и др.]. – М.: Химия, 1979. – 360 с.
3. Соломко, В. П. Наполненные кристаллизующиеся полимеры / В. П. Соломко. – Киев: Наукова думка, 1980. – 263 с.
4. Принципы создания композиционных полимерных материалов / А. А. Берлин [и др.]. – М.: Химия, 1990. – 240 с.
5. Армированные полимерные материалы / под ред. З. А. Рогозина, П. М. Пелецкого, М. Л. Кербера. – М.: Мир, 1968. – 244 с.
6. Промышленные полимерные композиционные материалы / под ред. М. Ричардсона. – М.: Химия, 1980. – 472 с.
7. Полимерные смеси: в 2 т. / под ред. Д. Пола, С. Ньюмена; пер. с англ.; под ред. В. Н. Кулезнева. – М.: Мир, 1981. – 2 т.
8. Конструкционные материалы на основе сшитых полиолефинов / под ред. М. М. Ревяко. – Минск: Вышэйшая школа, 2001. – 136 с.
9. Берлин, А. А. Упрочненные газонаполненные пластмассы / А. А. Берлин, Ф. А. Шутов. – М.: Химия, 1980. – 224 с.
10. Липатов, Ю. С. Межфазные явления в полимерах / Ю. С. Липатов. – Киев: Наукова думка, 1980. – 260 с.
11. Гуль, В. Е. Основы переработки пластмасс / В. Е. Гуль, М. С. Акутин. – М.: Химия, 1985. – 400 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Курс «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» является составной частью профессиональной подготовки инженеров-химиков-технологов. Дисциплина «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении высшей математики, инженерной графики и информационных технологий, общеинженерных и всех химических дисциплин. Знания, полученные студентами при изучении курса «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов», являются основой для изучения специальных курсов «Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс», «Технология переработки пластмасс», «Расчет и конструирование изделий и форм», выполнения курсовых проектов, учебной исследовательской работы студентов (УИРС) и дипломных проектов.

Основной целью дисциплины является получение студентами навыков профессиональной деятельности, заключающихся в освоении компьютерных основ проектирования и конструирования пластмассовых изделий, а также проектирования оснастки для их производства с использованием современных достижений программного обеспечения для ЭВМ.

Главной задачей изучения дисциплины является подготовка высококвалифицированных специалистов, знающих научно-теоретические, технологические и прикладные основы проектирования и конструирования пластмассовых изделий, а также конструирование оснастки для их производства с применением ЭВМ, необходимые в технике нового поколения.

При изучении дисциплины основное внимание уделяется наиболее современному компьютерному пакету Pro/Engineer Wildfire 4.0,

набору программ для моделирования и оптимизации химико-технологических процессов.

Программа дисциплины разработана с учетом передовых достижений в области применения ЭВМ в конструировании пластмассовых изделий и оснастки для их производства, моделировании и оптимизации химико-технологических процессов.

После изучения дисциплины студент должен знать основы проектирования и конструирования пластмассовых изделий, а также оснастки для их производства с применением ЭВМ; основы моделирования и оптимизации химико-технологических процессов с применением ЭВМ; основные общие методы подхода компьютерной обработки данных. Кроме того, студент должен уметь проектировать и конструировать пластмассовые изделия, а также оснастку для их производства с применением программы Pro/Engineer Wildfire 4.0; моделировать и оптимизировать химико-технологические процессы с применением ЭВМ.



6.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основе программы курса «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов», утвержденной проректором по учебной работе УО «БГТУ» 30.06.2010 г. (№ УД-994-І/р.).

Введение в САПР

Определение CAD, CAM и CAE. Сценарий интеграции проектирования и производства посредством общей базы данных.

6.1.1. Компоненты САПР

Аппаратное обеспечение. Программные компоненты.

6.1.2. Основные концепции графического программирования

Графические библиотеки. Системы координат. Окно и видовой экран. Примитивы. Ввод графики. Дисплейный файл. Матрица

преобразования. Удаление невидимых линий и поверхностей. Визуализация.

6.1.3. Системы автоматизированной разработки чертежей

Настройка параметров чертежа. Базовые функции черчения. Функции аннотирования. Вспомогательные функции. Совместимость файлов чертежей.

6.1.4. Системы геометрического моделирования

Системы каркасного моделирования. Системы поверхностного моделирования. Системы твердотельного моделирования. Немногообразные системы моделирования. Системы моделирования устройств.

6.1.5. Представление кривых и работа с ними

Типы уравнений. Конические сечения. Эрмитовы кривые. Кривая Безье. В-сплайн. Неоднородный рациональный В-сплайн. Интерполяционные кривые. Пересечение кривых.

6.1.6. Представление поверхностей и работа с ними

Типы уравнений поверхностей. Билинейная поверхность. Лоскут Куна. Бикубический лоскут. Поверхность Безье. В-сплайновая поверхность. Поверхность NURBS. Интерполяционная поверхность. Пересечение поверхностей.

6.1.7. Метод конечных элементов

Введение в метод конечных элементов. Формулировка метода конечных элементов. Моделирование конечных элементов. Автоматическое построение сетки.

6.1.8. Оптимизация

Постановка задачи. Ограничения. Методы поиска. Метод модельной закалки. Генетические алгоритмы. Структурная оптимизация.

6.1.9. Интеграция CAD и CAM

Производственный цикл детали. Технологическая подготовка производства. Автоматизированные системы технологической подготовки производства. Групповая технология.

6.1.10. Числовое программное управление

Введение. Аппаратная конфигурация станка с ЧПУ. Типы систем ЧПУ. Системы NC, CNC, DNC. Основы составления программ обработки деталей. Составление программ вручную. Автоматизированное составление программ. Программирование обработки по базе CAD.

6.1.11. Быстрое прототипирование и изготовление

Обзор. Процессы быстрого прототипирования и изготовления. Применение быстрого прототипирования и изготовления. Процесс стереолитографии. Программные технологии для быстрого прототипирования.

6.1.12. Виртуальная инженерия

Определение виртуальной инженерии. Компоненты виртуальной инженерии. Применение виртуальной инженерии. Родственные технологии. Примеры промышленного применения виртуальной инженерии. Программные продукты. Аппаратура. Исследовательские проблемы и препятствия виртуальной инженерии.

6.1.13. Стандарты обмена данными между системами

Методы обмена данными технических требований. Формат IGES. Формат DXF. Формат STEP.

6.1.14. Компьютерный пакет Pro/Engineer Wildfire 4.0

Введение. Создание новой модели и знакомство с эскизом в системе Pro/Engineer. Создание конструктивных элементов с использованием эскиза. Создание безэскизных конструктивных элементов. Создание базовой геометрии. Редактирование моделей.

Сборка компонентов. Сборка с использованием интерфейсов и гибких компонентов. Управление моделями. Создание чертежей. Получение информации о модели и устранение отказов при регенерации. Создание элементов с использованием эскиза. Создание геометрии по поверхностям и кривым. Копирование объектов. Создание связей в механизме. Работа с листовым металлом. Создание в детали таблиц семейств, уравнений и параметров. Управление сборками. Анализ моделей. Анализ проектной модели перед созданием пресс-формы. Создание моделей пресс-формы. Создание ползунов. Создание поверхностей разъема. Создание компонентов пресс-формы. Заливка и раскрытие пресс-формы. Создание компоновки пресс-формы.



6.2. Контрольные задания

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на три вопроса. Номера вопросов устанавливаются по нижеприведенной таблице по первым трем буквам фамилии студента. При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов		
А, Б, В	1	12	23
Г, Д, Е	2	13	24
Ж, З, И	3	14	25
К, Л, М	4	15	26
Н, О	5	16	27
П, Р	6	17	28
С, Т, У	7	18	29
Ф, Х, Ц	8	19	30
Ч, Ш, Щ	9	20	31
Ъ, Ъ, Ы	10	21	32
Э, Ю, Я	11	22	33

Контрольные вопросы

1. Введение в САПР. Определение САД, САМ и САЕ.
2. Введение в САПР. Сценарий интеграции проектирования и производства посредством общей базы данных.

3. Компоненты САПР. Аппаратное обеспечение. Программные компоненты. Графические библиотеки.
4. Основные концепции графического программирования. Системы координат. Окно и видовой экран.
5. Основные концепции графического программирования. Примитивы. Ввод графики. Дисплейный файл. Матрица преобразования.
6. Основные концепции графического программирования. Удаление невидимых линий и поверхностей.
7. Основные концепции графического программирования. Визуализация.
8. Системы автоматизированной разработки чертежей. Настройка параметров чертежа. Базовые и вспомогательные функции черчения.
9. Системы геометрического моделирования. Системы каркасного моделирования. Немногообразные системы моделирования.
10. Системы геометрического моделирования. Системы поверхностного моделирования.
11. Системы геометрического моделирования. Системы твердотельного моделирования.
12. Представление кривых и поверхностей, работа с ними. Типы уравнений кривых и поверхностей.
13. Работа с данными. Интерполяция и экстраполяция.
14. Метод конечных элементов. Введение в метод конечных элементов.
15. Метод конечных элементов. Формулировка метода конечных элементов.
16. Метод конечных элементов. Моделирование конечных элементов.
17. Метод конечных элементов. Автоматическое построение сетки.
18. Оптимизация. Постановка задачи. Ограничения.
19. Интеграция САД и САМ. Производственный цикл детали. Технологическая подготовка производства.
20. Интеграция САД и САМ. Автоматизированные системы технологической подготовки производства. Групповая технология.
21. Числовое программное управление. Аппаратная конфигурация станка с ЧПУ.
22. Числовое программное управление. Типы систем ЧПУ. Системы NC, CNC, DNC. Основы составления программ обработки деталей.

23. Быстрое прототипирование и изготовление. Стереолитография. Отверждение на твердом основании.
24. Быстрое прототипирование и изготовление. Избирательное лазерное спекание. Трехмерная печать.
25. Быстрое прототипирование и изготовление. Ламинирование. Моделирование методом наплавления.
26. Применение быстрого прототипирования и изготовления.
27. Процессы быстрой инструментовки. Одноинверсные методы.
28. Процессы быстрой инструментовки. Двухинверсные методы.
29. Процессы быстрой инструментовки. Трехинверсные методы.
30. Виртуальная инженерия. Определение. Компоненты. Применение. Стандарты обмена данными между системами.
31. Компьютерный пакет Pro/Engineer Wildfire 4.0 как компонент САПР.
32. Роль компьютерного пакета Pro/Engineer Wildfire 4.0 в системе CAD, CAM и CAE.
33. Основные элементы пакета Pro/Engineer Wildfire 4.0.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Шестапалов, Е. М. Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования: учебно-методический комплекс / Е. М. Шестапалов. – Новополюцк: ПГУ, 2008. – 272 с.
2. Колесников, В. Л. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем / В. Л. Колесников, И. М. Жарский, П. П. Урбанович. – Минск: БГТУ, 2004. – 532 с.
3. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
4. Кондаков, А. И. САПР технологических процессов: учеб. для студентов высших учебных заведений / А. И. Кондаков. – М.: Академия, 2007. – 272 с.
5. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – М.: Форум, 2008. – 448 с.
6. Минеев, М. А. Pro/Engineer Wildfire 2.0/3.0/4.0. Самоучитель / М. А. Минеев. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 352 с.

Дополнительная

1. Основы проектирования химических производств: учеб. для вузов / под ред. А. И. Михайличенко – М.: Академкнига, 2008. – 332 с.

2. Кафаров, В. В. Анализ и синтез химико-технологических систем / В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин. – М.: Химия, 1991. – 432 с.

3. Математическое моделирование химико-технологических процессов / А. М. Гумеров [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 158 с.

4. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов: практическое руководство / В. А. Холоднов [и др.]. – СПб: Профессионал, 2003. – 478 с.

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ И ФОРМ

Курс «Расчет и конструирование изделий и форм» является составной частью специальной подготовки инженеров-химиков-технологов. Курс преподается студентам после изучения ими дисциплин «Химия и физика полимеров», «Теоретические основы переработки полимеров», «Технология переработки пластмасс». Это обусловлено тем, что конструкторско-технологические разработки пластмассовых изделий и технологической оснастки для их изготовления должны производиться с учетом специфики строения полимера и его переработки в изделия, условий эксплуатации изделий.

Дисциплина «Расчет и конструирование изделий и форм» базируется также на следующих общеинженерных дисциплинах: «Инженерная и машинная графика», «Прикладная механика», «Информатика и компьютерная графика», «Материаловедение».

Целью данной дисциплины является ознакомление студентов с основами взаимозаменяемости и техническими измерениями, основами расчета и конструкторско-технологической разработки изделий из пластмасс с учетом специфики свойств пластмасс и условий эксплуатации, основами расчета и конструирования технологической оснастки для различных методов получения изделий из пластмасс; приобретение студентами теоретических и практических навыков в выборе и обосновании более предпочитаемых пластмасс для конкретных изделий, а также технологической оснастки для их изготовления.

После изучения дисциплины студент должен знать основы взаимозаменяемости и технических измерений; основы прочностного расчета изделий из пластмасс; особенности конструкции, обусловленные технологическими требованиями; конструкционные элементы изделий из пластмасс; армированные изделия

из пластмасс; разъемные и неразъемные соединения из пластмасс; экструзионные изделия из пластмасс; точность при изготовлении изделий из пластмасс; классификацию оснастки для получения изделий из пластмасс; основы расчета оснастки; основы взаимозаменяемости и технические измерения; особенности расчета и конструкции деталей формообразующей оснастки; экструзионные головки и калибрующий инструмент; формы для пневмовакуумного формования. Кроме того, студент должен уметь рассчитывать и конструировать различные пластмассовые изделия с учетом строения и переработки полимера с применением машинной графики; рассчитывать и конструировать технологическую оснастку для получения пластмассовых изделий с применением машинной графики.

7.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основании программы курса «Расчет и конструирование изделий и форм», утвержденной ректором УО «БГТУ» 04.01.2010 г. (№ УД-251/баз.).

Введение

Цели и задачи курса, его содержание и связь с другими дисциплинами. Современное состояние производства пластмассовых изделий и применения технологической оснастки для переработки пластмасс в Республике Беларусь.

7.1.1. Основы взаимозаменяемости и технические измерения

Размеры, отклонения, допуски. Сопряжения деталей. Система отверстия и система вала.

7.1.2. Системы допусков и посадок для гладких деталей и соединений

Единицы допусков. Ряды допусков. Поля допусков. Посадки. Нанесение размеров, предельных отклонений размеров и посадок на чертежах.

7.1.3. Шероховатость поверхности

Основные термины и определения. Нормируемые параметры шероховатости. Выбор параметров шероховатости и их численные значения. Обозначение шероховатости на чертеже.

7.1.4. Пластмассовые изделия – информационная база для проектирования формуемого инструмента

Процесс конструирования. Основные элементы конструирования изделий из полимерных материалов. Структурное проектирование. Основы прочностного расчета изделий из пластмасс. Особенности конструкции, обусловленные технологическими требованиями.

Проектирование конструктивных элементов изделий из пластмасс. Армирование изделий из пластмасс. Разъемные и неразъемные соединения.

Точность изделий из пластмасс. Экструзионные погонажные изделия. Основы конструирования раздувных изделий.

7.1.5. Основы расчета и конструирования оснастки для производства пластмассовых изделий

Формы для литья под давлением. Назначение, изготовление и принцип действия. Взаимосвязь формы и литьевой машины. Основные системы форм. Заполнение оформляющей полости формы. Система оформляющих деталей – матрицы, пуансоны, формующие знаки. Система литниковых каналов. Центральный литник, разводящие каналы, впускные литниковые каналы. Гидравлический расчет литниковых каналов. Система центрирования и перемещения. Функции центрирующей системы. Направляющие колонки и втулки. Перемещение деталей, которые оформляют углубления. Система размещения, установки и крепления форм. Взаимодействие формы и литьевой машины. Системы удаления отливок, охлаждения и регулирования температуры форм. Классификация систем охлаждения. Требования к системе охлаждения. Конструкционные особенности системы охлаждения. Расчет систем охлаждения. Система удаления отливок из формы. Конструктивные особенности деталей выталкивающей системы и системы в целом. Расчет выталкивающего усилия отливок.

Формы для прессования. Назначение, изготовление и принцип действия форм для прессования. Классификация форм. Конструктивное выполнение оформляющего гнезда. Взаимодействие формы с прессом. Система оформляющих деталей пресс-форм – матрицы, пуансоны, знаки. Расчет деталей пресс-форм. Расчет исполнительных параметров формообразующих деталей. Система обогрева пресс-форм. Назначение и основные конструктивные решения. Электронагревательные элементы сопротивления, индикаторы. Тепловой расчет пресс-форм. Система удаления изделий из оформляющей полости. Требования к выталкивателям.

Оснастка для раздувного формования. Сущность метода. Формующий инструмент. Угловые головки для получения заготовки. Многоручьевые головки. Формы для раздувного формования, их конструктивные особенности. Система форм для раздува. Взаимодействие форм с механизмом замыкания агрегата. Пресс-канты форм. Охлаждающие и вентиляционные каналы форм.

Оснастка для пневмовакуумного формования. Технологические разновидности формующего инструмента. Факторы, которые определяют выбор конструкции формы. Формообразующие детали. Вентиляционные каналы.

Формообразующий инструмент экструдеров. Общее строение и принцип действия экструзионных головок. Требования, которым должна соответствовать конструкция головок. Факторы, которые определяют конструктивное оформление головок. Взаимосвязь головки и экструдера. Условие равных скоростей расплава во всех точках поперечного сечения формующего канала. Свариваемость отдельных потоков расплава – необходимое условие получения качественных изделий. Отсутствие зон застоя полимера в головке. Разбухание экструдата. Гидравлический расчет головок. Головки кольцевого профиля. Пленочные головки. Кабельные головки. Головки плоско-щелевые. Головки для изделий сложного профиля. Калибрующие приспособления. Фильтры.



7.2. Контрольные задания

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на три вопроса. Номера вопросов устанавливаются по нижеприведенной таблице по первым трем буквам фамилии студента.

При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов		
А	1	28	55
Б	2	29	56
В	3	30	57
Г	4	31	58
Д	5	32	59
Е	6	33	60
Ж	7	34	61
З	8	35	62
И	9	36	63
К	10	37	64
Л	11	38	65
М	12	39	66
Н	13	40	67
О	14	41	68
П	15	42	69
Р	16	43	70
С	17	44	71
Т	18	45	72
У	19	46	73
Ф	20	47	74
Х	21	48	75
Ц, Ч	22	49	76
Ш, Щ	23	50	77
Ъ, Ъ	24	51	78
Ы, Э	25	52	79
Ю	26	53	80
Я	27	54	81

Контрольные вопросы

1. Основы взаимозаменяемости и технические измерения. Основные термины и определения. Размеры, отклонения, допуски.

2. Основы взаимозаменяемости и технические измерения. Основные термины и определения. Сопряжения деталей. Система отверстия и система вала.

3. Системы допусков и посадок для гладких деталей и соединений. Единицы допусков.

4. Системы допусков и посадок для гладких деталей и соединений. Ряды допусков.
5. Системы допусков и посадок для гладких деталей и соединений. Поля допусков.
6. Системы допусков и посадок для гладких деталей и соединений. Посадки.
7. Системы допусков и посадок для гладких деталей и соединений. Нанесение размеров, предельных отклонений и посадок на чертежах.
8. Шероховатость поверхности. Основные термины и определения.
9. Нормируемые параметры шероховатости.
10. Выбор параметров шероховатости и их числовых значений.
11. Обозначение шероховатости на чертеже.
12. Процесс конструирования изделий.
13. Основные элементы конструирования изделий из полимерных материалов. Материал.
14. Основные элементы конструирования изделий из полимерных материалов. Конструкция изделия.
15. Основные элементы конструирования изделий из полимерных материалов. Проектирование литевой формы и ее механическая обработка.
16. Основные элементы конструирования изделий из полимерных материалов. Технологический процесс.
17. Структурное проектирование. Методология проектирования.
18. Структурное проектирование. Классические формулы для напряжений и деформаций, метод конечных элементов.
19. Изготовление прототипов пластмассовых изделий.
20. Основы прочностного расчета изделий из пластмасс.
21. Особенности конструкции пластмассовых изделий. Технологические уклоны.
22. Особенности конструкции пластмассовых изделий. Стенки.
23. Особенности конструкции пластмассовых изделий. Радиусы закруглений.
24. Особенности конструкции пластмассовых изделий. Углубления и выступы.
25. Особенности конструкции пластмассовых изделий. Ребра жесткости.
26. Особенности конструкции пластмассовых изделий. Оформление торцов изделий.
27. Проектирование конструктивных элементов изделий. Проектирование отверстий.

28. Проектирование конструктивных элементов изделий. Проектирование резьбы.
29. Проектирование конструктивных элементов изделий. Накатка и рифление.
30. Проектирование конструктивных элементов изделий. Надписи на деталях.
31. Армирование изделий из пластмасс. Расчет пластмассовых изделий с металлической арматурой.
32. Требования к арматуре и ее расположение в пластмассовом изделии.
33. Способы закрепления арматуры в пластмассовом изделии.
34. Разъемные и неразъемные соединения из пластмасс. Болтовые и заклепочные соединения.
35. Разъемные и неразъемные соединения из пластмасс. Замковые соединения.
36. Разъемные и неразъемные соединения из пластмасс. Соединение сваркой.
37. Разъемные и неразъемные соединения из пластмасс. Соединение склеиванием.
38. Экструзионные профильные изделия. Назначение, области применения и классификация профильных изделий.
39. Выбор материала для производства профильных изделий.
40. Общие требования к конструкции профильных изделий.
41. Точность изготовления деталей из пластмасс.
42. Конструкции пластмассовых изделий и остаточные напряжения.
43. Точность и взаимозаменяемость пластмассовых изделий.
44. Усадка и ее колебание при формовании пластмассовых изделий.
45. Оценка точности при литье под давлением и прессовании пластмассовых изделий.
46. Оценка точности при пневмовакуумном формовании пластмассовых изделий.
47. Точность при экструзии пластмассовых изделий.
48. Точность при механической обработке пластмассовых изделий.
49. Общие вопросы проектирования оснастки. Исходные данные для проектирования
50. Расчет гнездности форм.
51. Материалы для изготовления оснастки. Стали.
52. Технологические процессы изготовления и сборки оснастки.

53. Конструирование оснастки для производства пластмассовых изделий. Формы для литья под давлением.
54. Основные элементы литьевых форм.
55. Системы литьевых форм.
56. Строение и принцип действия литьевых форм.
57. Заполнение оформляющей полости литьевой формы.
58. Система формообразующих деталей литьевой формы.
59. Системы литниковых каналов холодноканальных форм.
60. Системы литниковых каналов горячеканальных форм.
61. Система центрирования и перемещения литьевых форм.
62. Система размещения, установки и крепления литьевых форм.
63. Система охлаждения и регулирования температуры литьевой формы.
64. Система удаления отливок из литьевой формы.
65. Конструирование оснастки для производства пластмассовых изделий. Формы для прессования (пресс-формы).
66. Назначение, конструкция и принцип действия форм для прессования.
67. Взаимодействие пресс-формы с прессом.
68. Основные элементы пресс-форм.
69. Система формообразующих деталей пресс-форм.
70. Расчет деталей пресс-форм.
71. Система обогрева пресс-форм.
72. Система удаления изделий из оформляющей полости пресс-формы.
73. Конструирование оснастки для производства пластмассовых изделий. Оснастка для раздувного формования.
74. Сущность метода раздувного формования пластмассовых изделий.
75. Формующий инструмент для раздувного формования пластмассовых изделий.
76. Формы для раздувного формования.
77. Конструирование оснастки для производства пластмассовых изделий. Оснастка для пневмовакуумного формования.
78. Технологические разновидности формующего инструмента для термоформования.
79. Факторы, определяющие выбор конструкции формы для термоформования.
80. Формообразующие детали форм для термоформования.
81. Вентиляционные каналы форм для термоформования.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Рэвяка, М. М. Разлік і канструяванне пластмасавых вырабаў і формаў: вучэб. дапаможнік / М. М. Рэвяка, В. М. Каспяровіч. – Мінск: БДТУ, 2002. – 357 с.
2. Мэллой, Р. А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением / Р. А. Мэллой; пер. с англ. под ред. В. А. Брагинского, Е. С. Цобкалло, Г. В. Комарова. – СПб.: Профессия, 2006. – 512 с.
3. Гольдберг, И. Е. Пути оптимизации литьевой оснастки: Ее величество литьевая форма / И. Е. Гольдберг. – СПб.: НОТ, 2009. – 288 с.
4. Микаэли, В. Экструзионные головки для пластмасс и резины. Конструкции и технические расчеты / В. Микаэли; пер. с англ.; под ред. В. П. Володина. – СПб.: Профессия, 2007. – 472 с.
5. Фишер, Дж. М. Усадка и коробление отливок из термопластов / Дж. М. Фишер. – СПб.: Профессия, 2009. – 424 с.

Дополнительная

1. Пантелеев, А. П. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс / А. П. Пантелеев, Ю. М. Шевцов, И. А. Горячев. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.
2. Справочник по технологии изделий из пластмасс / Г. В. Сагалаев [и др.]. – М.: Химия, 2000. – 424 с.
3. Менгес, Г. Как делать литьевые формы / Г. Менгес, В. Микаэли, П. Морен; пер. с англ. под ред. В. Г. Дувидзона, Э. Л. Калинчева. – СПб.: Профессия, 2007. – 640 с.
4. Басов, Н. И. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов / Н. И. Басов, В. А. Брагинский, Ю. В. Казанков. – М.: Химия, 1991. – 352 с.
5. Унгер, П. Технология горячеканального литья / П. Унгер; пер. с англ. под ред. В. Г. Дувидзона. – СПб.: Профессия, 2009. – 208 с.
6. Казмер, Д. О. Разработка и конструирование литьевых форм / Д. О. Казмер; пер. с англ.; под ред. В. Г. Дувидзона. – СПб.: Профессия, 2011. – 464 с.

ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТМАСС

Курс «Основы проектирования и оборудование предприятий по переработке пластмасс» является составной частью специальной подготовки инженеров-химиков-технологов. Курс преподается студентам после изучения ими дисциплин «Химия и физика полимеров», «Теоретические основы переработки полимеров», «Технология переработки пластмасс». Это обусловлено тем, что расчет и выбор оптимального оборудования могут быть осуществлены только на основе физико-химических закономерностей процессов переработки полимеров.

Целью дисциплины является ознакомление студентов со строением, принципами работы, способами управления, методами расчета основных параметров оборудования, направлениями развития основных видов машин и аппаратов непрерывного и периодического производства, применяемых в промышленности; выбор и инженерная оценка оборудования, применяемого для аппаратурного оформления процессов; ознакомление студентов с проектированием цехов по переработке пластмасс. Задачи, решение которых позволит студенту решить поставленные цели, сводятся к следующему: классификация оборудования для переработки разных видов пластмасс; конструкция и принцип действия, обеспечивающие решение поставленной технической задачи; расчет основных параметров оборудования; расчет и проектирование производств.

Дисциплина «Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс» базируется на таких общенаучных дисциплинах, как «Инженерная и машинная графика», «Прикладная механика», «Электротехника, основы электроники и электрообеспечения химических производств», «Процессы и аппараты химической технологии».

После изучения дисциплины студент должен знать основы работы и принцип действия оборудования; методы расчета основных параметров оборудования. Кроме того, студент должен уметь выбирать и оценивать оборудование, необходимое для аппаратурного оформления процессов; выполнять проектирование цехов (производств) по переработке пластмасс.



8.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основании программы курса «Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс», утвержденной ректором УО «БГТУ» 04.01.2010 г. (№ УД-247/баз.).

Введение

Цели и задачи курса, его содержание и связь с другими дисциплинами. Современное состояние производства оборудования для переработки пластмасс. Классификация оборудования – подготовительное, формующее (основное) и завершающее производство изделий.

8.1.1. Оборудование подготовительного цикла

Оборудование для приема, хранения и транспортирования сырья. Общая характеристика процессов дробления, основные вопросы теории процесса. Оборудование для смешения сыпучих полимерных материалов. Барабанные смесители. Смесители с быстро вращающимися роторами. Шнековые и дисковые смесители-пластификаторы. Оборудование для сушки и нагрева. Оборудование для предварительной подготовки полимеров для переработки.

8.1.2. Формующее оборудование

Сущность метода прессования. Параметры пресса. Конструкция и расчет основных узлов и параметров. Гидропривод пресса. Роторные прессы и роторные линии. Специализированные прессы. Сущность метода литья под давлением. Общая конструкция и работа литьевой машины. Основные параметры машины и их расчет.

Конструкции литевых машин. Механизм пластикации и впрыска. Механизм запираия формы.

Суцность метода экструзии. Общая конструкция и работа червячных машин. Классификация червячных машин. Функциональные зоны канала червяка. Движение материала в зонах. Основные узлы и детали червячных машин. Двухчервячные машины. Дисковые и дисково-червячные экструдеры. Экструзионные линии на базе червячных машин – гранулирования, производства труб и профилей, листов и пленок, получения объемных изделий, для нанесения полимерного покрытия.

Суцность метода раздувного формования. Общая конструкция и работа экструзионно-выдувных машин. Конструкция и основные механизмы. Процессы, которые протекают при пневмовакуумном формовании. Разновидности метода. Машины для пневмовакуумного формования. Конструкция и расчет основных узлов машин. Валковые машины, параметры, процессы, протекающие в межвалковом пространстве. Конструкция и расчет основных узлов.

8.1.3. Завершающее оборудование

Классификация методов сварки пластмасс. Оборудование, которое применяется при сварке различными методами. Классификация методов декоративной обработки пластмассовых изделий. Оборудование, которое применяется при декоративной отделке. Особенности процессов механической отделки пластмассовых изделий. Классификация оборудования. Универсальные станки. Специальные станки.

8.1.4. Основы проектирования производств по переработке пластмасс

Исходные данные для проектирования. Расчет производственных мощностей. Разработка технологической схемы изготовления разных видов изделий. Основные компоновочные решения производства изделий из пластмасс. Генеральный план завода.



8.2. Контрольные задания

Контрольная работа включает теоретические и практические вопросы. Теоретические вопросы отражают устройство, работу, конструкции основных узлов оборудования для приема, хранения

и транспортирования сырья, измельчения и смешения полимеров, предварительной подготовки полимеров; прессовое оборудование; червячные машины и агрегаты на их основе; литьевые машины; оборудование для пневмоформования; валковые машины; сварочное оборудование; оборудование для механической обработки и отделки. Практические вопросы по расчету параметров оборудования должны выполняться, в основном, с применением ЭВМ.

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на три вопроса. Номера вопросов устанавливаются по нижеприведенной таблице по первым трем буквам фамилии студента. При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов		
А	1	22	43
Б, В	2	23	44
Г	3	24	45
Д	4	25	46
Е	5	26	47
Ж, З	6	27	48
И	7	28	49
К	8	29	50
Л	9	30	51
М	10	31	52
Н	11	32	53
О	12	33	54
П, Р	13	34	55
С, Т	14	35	56
У	15	36	57
Ф, Х	16	37	58
Ц, Ч	17	38	59
Ш, Щ	18	39	60
Ъ, Ъ	19	40	61
Ы, Э	20	41	62
Ю, Я	21	42	63

Контрольные вопросы

1. Оборудование для приемки, хранения и транспортирования сырья. Оборудование складов.

2. Оборудование для приемки, хранения и транспортирования сырья. Пневматическая система транспортировки гранулированных материалов.

3. Оборудование для приемки, хранения и транспортирования сырья. Устройства для питания и дозирования сыпучих материалов.
4. Оборудование для измельчения. Основные виды измельчения.
5. Оборудование для измельчения. Режущие устройства для измельчения полимеров.
6. Оборудование для измельчения. Струйные мельницы.
7. Оборудование для смешения. Классификация оборудования для смешения полимерных материалов.
8. Оборудование для смешения. Барабанные смесители.
9. Оборудование для смешения. Смесители с быстровращающимися роторами.
10. Оборудование для смешения. Двухроторные смесители.
11. Оборудование для гранулирования.
12. Оборудование для сушки материалов.
13. Оборудование для подготовки реактопластов к прессованию. Оборудование для таблетирования.
14. Оборудование для подготовки реактопластов к прессованию. Оборудование для пластикации.
15. Оборудование для подготовки реактопластов к прессованию. Аппараты для предварительного нагрева материалов.
16. Машины для литья под давлением. Сущность литья под давлением.
17. Конструкции литьевых машин. Узел пластикации и впрыска.
18. Конструкции литьевых машин. Узел смыкания полуформ. Разновидности и конструкции узлов.
19. Экструдеры и агрегаты на их основе. Сущность экструзии.
20. Общее устройство и работа одночервячного экструдера.
21. Классификация экструдеров.
22. Функциональные зоны канала червяка экструдера.
23. Совместная работа функциональных зон экструдера.
24. Конструкция основных узлов и деталей экструдеров.
25. Общее устройство и работа двухчервячного экструдера.
26. Дисковые и дисково-червячные экструдеры.
27. Оборудование для формования полых изделий. Общее устройство и работа экструзионно-раздувных агрегатов.
28. Конструкция основных узлов экструзионно-раздувных агрегатов.
29. Оборудование для инжекционно-выдувного формования.

30. Оборудование для формования изделий из листовых термопластов. Сущность и разновидность метода пневмовакуумного формования.

31. Процессы, протекающие при пневмовакуумном формовании.

32. Разновидности оборудования для пневмовакуумного формования.

33. Конструкция основных узлов машин для пневмовакуумного формования.

34. Кalandры и кalandровые машины. Принцип действия кalandров и выполняемые на них операции.

35. Конструкция кalandра.

36. Конструкция узлов кalandров.

37. Прессы для переработки реактопластов. Сущность прессования.

38. Устройство и работа прессы.

39. Конструкция узлов и деталей прессы.

40. Автоматизированные прессовые комплексы.

41. Оборудование для механической обработки изделий. Особенности механической обработки изделий из пластмасс.

42. Универсальные установки для механической обработки.

43. Оборудование для механической обработки изделий. Станки и приспособления для зачистки (специализированные установки).

44. Оборудование для сварки пластмасс. Сущность процесса сварки.

45. Аппараты и установки для сварки нагретым газом, нагретым инструментом, нагретым присадочным материалом.

46. Аппараты и установки для сварки с использованием инфракрасного излучения, токов высокой частоты, ультразвуковых колебаний, трения.

47. Оборудование для отделки изделий из пластмасс.

48. Расчет количества необходимого оборудования.

49. Разработка технологических схем производства пластмассовых изделий методом прессования.

50. Разработка технологических схем производства пластмассовых изделий методом литья под давлением.

51. Разработка технологических схем производства пластмассовых изделий методом раздувного формования.

52. Разработка технологических схем производства пластмассовых изделий методом вакуум- и пневмоформования.
53. Разработка технологических схем производства полимерных пленок рукавным методом.
54. Разработка технологических схем производства листов из термопластов экструзионным методом.
55. Разработка технологических схем производства труб из термопластов экструзионным методом.
56. Разработка технологических схем производства гофрированных труб.
57. Основные компоновочные решения производств по переработке пластмасс методом литья под давлением.
58. Основные компоновочные решения производств по изготовлению пленки рукавным способом.
59. Основные компоновочные решения производств по изготовлению труб и листов методом экструзии.
60. Основные компоновочные решения производств по изготовлению экструзионно-раздувных изделий.
61. Основные компоновочные решения производств по переработке пластмасс методом вакуум- и пневмоформования.
62. Основные компоновочные решения производств по переработке пластмасс методом прессования.
63. Генеральный план заводов по переработке пластмасс.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Ревяко, М. М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс: учеб. пособие / М. М. Ревяко, О. М. Касперович. – Минск: БГТУ, 2005. – 344 с.
2. Торнер, Р. В. Оборудование заводов по переработке пластмасс: учеб. пособие / Р. В. Торнер, М. С. Акутин. – М.: Химия, 1986. – 400 с.
3. Ким, В. С. Оборудование заводов пластмасс: учеб. пособие / В. С. Ким, М. А. Шерышев. – М.: Химия, 2008. – 588 с.
4. Ревяко, М. М. Технология переработки пластмасс. Проектирование производств: учеб. пособие / М. М. Ревяко. – Минск: БГТУ, 2006. – 126 с.

Дополнительная

1. Освальд, Т. Литье пластмасс под давлением / Т. Освальд, Л.-Ш. Тунг, П. Дж. Грэмман; пер. с англ.; под ред. Э. Л. Калинчева. – СПб.: Профессия, 2006. – 712 с.

2. Басов, Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: учебник / Н. И. Басов, И. В. Казанков, В. А. Любортович. – М.: Химия, 1986. – 488 с.

3. Росато, Д. Раздувное формование / Д. Росато, А. Росато, Д. Ди Маттия; пер. с англ.; под ред. О. Ю. Сабсяя. – СПб.: Профессия, 2008. – 656 с.

4. Оленев, Б. А. Проектирование предприятий по переработке пластмасс / Б. А. Оленев, Е. М. Мордкевич, В. Ф. Колошин. – М.: Химия, 1982. – 256 с.

Глава 9

РЕЦИКЛИНГ ПЛАСТМАСС

Вторичная переработка (рециклинг) бывших в употреблении пластмасс и изделий из них является важной проблемой для полимерной промышленности. Благодаря высокой стойкости к воздействию окружающей среды данные материалы сохраняются в естественных условиях в течение длительного времени. С точки зрения влияния на окружающую среду утилизация полимерных отходов может рассматриваться не только как экологический, но и как важный экономический фактор, так как энергия и материалы поступают в повторное применение. Это позволяет сократить использование естественных ресурсов, снизить выбросы в окружающую среду, уменьшить потребление энергии и дает экономическую выгоду.

В мире предлагаются и разрабатываются различные стратегии вторичной переработки. В настоящее время наибольший прогресс достигнут в механической и химической переработке и в получении энергии. Эти методы различаются по степени распространения, а также по своим достоинствам и недостаткам. Механическая переработка обеспечивает простое вторичное использование тех же самых материалов с учетом некоторых потерь в их свойствах. Восстановление материалов посредством химической переработки выдает продукт в виде мономеров, из которых получается новое полимерное сырье, а также химические вещества и топливо. Воспроизводство энергии позволяет полностью ликвидировать материал после извлечения его энергетического содержимого. Этому и посвящена дисциплина «Рециклинг пластмасс».

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении теоретических, инженерных химических дисциплин, логически связана с дисциплинами «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Химия и физика полимеров», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология»,

«Технология пластмасс», «Технология переработки пластмасс», «Технология композиционных материалов», «Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс», «Охрана труда».

Основной целью дисциплины является получение студентами знаний, заключающихся в освоении методов и технологий вторичной переработки пластмасс в изделия, способов определения их технологических и физико-механических свойств, методов утилизации пластмасс, назначения и применения вторичных материалов и изделий из пластмасс.

Задача дисциплины – изучение основных технологических процессов утилизации и переработки пластмассовых изделий.

Программа дисциплины разработана с учетом последних достижений технологии и науки переработки полимеров.

Целью дисциплины является: дать представление о современном состоянии проблемы утилизации использованных полимерных материалов; рассмотреть основные способы предварительной обработки отходов; изучить поведение вторичного сырья при переработке, свойства исходного и вторичного перерабатываемого полимера, модификацию вторично перерабатываемых полимеров; дать представление об основном оборудовании для вторичной переработки пластмасс; показать основные направления применения вторично перерабатываемых пластмасс; изучить химическую переработку и утилизацию полимеров и извлечение энергии из полимерных отходов.

В результате изучения дисциплины студент должен знать номенклатуру отходов пластмассовых производств; физико-химические закономерности смешения полимеров с ингредиентами; технолого-химические закономерности смешения исходного и вторичного сырья. Кроме того, студент должен уметь оценивать вероятность совмещения вторичного сырья и исходного полимера; использовать теоретические и практические знания, полученные при изучении специальных технологических дисциплин.



9.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основании программы курса «Рециклинг пластмасс», утвержденной ректором УО «БГТУ» 22.03.2010 г. (№ УД-288/баз.).

Введение

Общие сведения о полимерных материалах. Виды полимерных отходов. Классификация полимерных отходов. Основные источники образования полимерных отходов. Методы утилизации и регенерации полимерных отходов.

9.1.1. Физико-химические закономерности совмещения и смешения основного и вторичного полимерного сырья

Свойства: поведение вторичного сырья при переработке. Влияние многократной переработки на структуру, технологические и эксплуатационные свойства вторичного полимерного сырья. Вторичная переработка пластмасс общего назначения, технических термопластов и полимерных композиционных материалов.

Совмещение основного и вторичного полимерного сырья. Влияние состава на свойства смесей. Технология переработки, физико-механические свойства смесей. Реологические и технологические свойства смесей. Технологии и оборудование для получения и переработки смесей основного и вторичного полимерного сырья.

Модификация свойств вторичного полимерного сырья. Деструкция вторичного полимерного сырья. Восстановление свойств вторичного полимерного сырья. Рекуперированные добавки для улучшения технологических и эксплуатационных свойств вторичного полимерного сырья: пластификаторы, стабилизаторы, смазки, антипирены, антистатик. Смешение с первичным сырьем. Технологии и оборудование для получения, модификации и переработки смесей основного и вторичного полимерного сырья.

9.1.2. Технология переработки би- и поликомпонентных вторичных полимерных материалов

Технологические процессы рециклинга. Общие положения. Типовые технологии: способы сортировки измельченного вторичного полимерного сырья, удаление металлов. Специализированные технологии рециклинга для ПА, ПЭТФ, рециклинг вторичного полимерного сырья без сортировки компонентов.

Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процессы разделения, отделение металлов, стекла, бумаги

и других твердых примесей и измельчения. Промывка, сушка, уплотнение (агломерация), дегазация, гранулирование.

Технологии химической переработки (рециклинга) вторичного полимерного сырья: гидролиз, гликолиз, реакции деполимеризации, химической модификации, получения исходных мономеров.

Извлечение энергии из вторичного полимерного сырья. Методы получения энергии из вторичного полимерного сырья: сжигание, газификация, пиролиз. Особенности технологии сжигания вторичного полимерного сырья. Технология газификации вторичного полимерного сырья. Методы и виды пиролиза вторичного полимерного сырья.

9.1.3. Методы получения и применения регенератов из пластмассового сырья

Использование вторичного полимерного сырья. Ограничения и особенности использования для вторичного полимерного сырья. Выбор областей применения для вторичного полимерного сырья. Уничтожение отходов пластмасс.

Ограничения и особенности для использования вторичного полимерного сырья из полиолефинов (ПЭНП; ПЭВП; ПП), стиролсодержащих пластмасс (ПС; УПС; УПМ; АБС-пластика).

Области применения вторичного полимерного сырья из полиолефинов и стиролсодержащих пластмасс: пленка, трубы, упаковка, строительные материалы, изделия технического назначения. Ограничения и особенности использования вторичного полимерного сырья из полиолефинов и стиролсодержащих пластмасс. Ограничения и особенности использования вторичного полимерного сырья из ПВХ, фторопластов, полиакрилатов, полиэфиров и полиамидов. Основные направления и области использования вторичного полимерного сырья из этих полимеров: волокна, нетканые материалы, строительные и конструкционные изделия, упаковка, изделия технического назначения.



9.2. Контрольные задания

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на три вопроса. Номера вопросов устанавливаются по нижеприведенной таблице по первым трем буквам фамилии студента.

При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов		
А, Б	1	17	33
В, Г	2	18	34
Д, Е	3	19	35
Ж, З	4	20	36
И	5	21	37
К, Л	6	22	38
М, Н	7	23	39
О, П	8	24	40
Р, С	9	25	41
Т, У	10	26	42
Ф, Х	11	27	43
Ц, Ч	12	28	44
Ш, Щ	13	29	45
Ъ, Ъ	14	30	46
Ы, Э	15	31	47
Ю, Я	16	32	48

Контрольные вопросы

1. Виды полимерных отходов.
2. Классификация полимерных отходов.
3. Основные источники образования полимерных отходов.
4. Методы утилизации полимерных отходов.
5. Методы регенерации полимерных отходов.
6. Поведение вторичного сырья при переработке.
7. Влияние многократной переработки на структуру и эксплуатационные свойства вторичного полимерного сырья.
8. Вторичная переработка пластмасс.
9. Совмещение основного и вторичного сырья.
10. Влияние составов на свойства смесей вторичных полимеров.
11. Технологические свойства смесей основного и вторичного полимерного сырья.
12. Технология переработки смесей полимеров.
13. Оборудование для переработки смесей первичного и вторичного полимеров.
14. Модификация свойств вторичного полимерного сырья.
15. Причины склонности к деструкции вторичных полимеров.

16. Причины дополнительной стабилизации вторичного сырья.
17. Методы сохранения эксплуатационной долговечности вторичного сырья. Стабилизация.
18. Методы сохранения эксплуатационной долговечности вторичного сырья. Наполнение.
19. Улучшение совместимости полимеров (первичных и вторичных).
20. Нерактивные агенты совместимости.
21. Рекуперирующие добавки для улучшения технологических свойств вторичного полимерного сырья. Смазки, антипирены, антистатика.
22. Способы сортировки измельченного вторичного полимерного сырья.
23. Удаление металлов из полимерных отходов.
24. Рециклинг вторичного полимерного сырья без сортировки компонентов.
25. Специализированные технологии рециклинга для ПЭТФ.
26. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс разделения.
27. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс отделения металлов, бумаги.
28. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс измельчения.
29. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс промывки.
30. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс сушки.
31. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс агломерации.
32. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс дегазации.
33. Технологии подготовки и переработки вторичного полимерного сырья: процесс гранулирования.
34. Технологии химической переработки вторичного полимерного сырья: гидролиз, гликолиз.
35. Технологии химической переработки вторичного полимерного сырья: реакции деполимеризации.
36. Технологии химической переработки вторичного полимерного сырья: химическая модификация.

37. Технологии химической переработки вторичного полимерного сырья: получение исходных мономеров.

38. Извлечение энергии из вторичного полимерного сырья: сжигание, газификация, пиролиз. Методы и виды пиролиза вторичного полимерного сырья.

39. Области применения вторичного полимерного сырья из полиолефинов.

40. Области применения вторичного полимерного сырья из стиролсодержащих пластмасс.

41. Области применения вторичного полимерного сырья из ПВХ.

42. Области применения вторичного полимерного сырья из фторопластов.

43. Области применения вторичного полимерного сырья из полиакрилатов.

44. Области применения вторичного полимерного сырья из полиамидов.

45. Области применения вторичного полимерного сырья их ПЭТФ.

46. Ограничение и особенности использования вторичного сырья.

47. Основные области использования вторичного полимерного сырья.

48. Области применения вторичного полимерного сырья.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Вторичная переработка пластмасс / под ред. Ф. Ла Манн-тия; пер. с англ.; под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2009. – 400 с.

2. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров / А. А. Тагер. – М.: Научный мир, 2007. – 573 с.

3. Аверко-Антонович, Н. Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров / Н. Ю. Аверко-Антонович, Р. Т. Бикмуллин. – Казань: КГТУ, 2007. – 602 с.

4. Липик, В. Т. Рециклинг и утилизация полимерных отходов / В. Т. Липик, Н. Р. Прокопчук. – Минск: БГТУ, 2008. – 260 с.

5. Шаповалов, В. М. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов / В. М. Шаповалов, З. Л. Тартаковский; под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2003. – 262 с.

Дополнительная

1. Активирующее смешение в технологии полимеров / под ред. В. В. Богданова. – СПб.: Проспект науки, 2008. – 328 с.

2. Химические добавки к полимерам: справочник / под ред. И. П. Масловой. – М.: Химия, 1981. – 250 с.

3. Штарке, Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс / Л. Штарке. – Л.: Химия, 1987. – 175 с.

4. Вторичное использование полимерных материалов / под ред. Е. Г. Любешкиной. – М.: Химия, 1985. – 195 с.

5. Пол, Д. Полимерные смеси: в 2 т. / Д. Пол, К. Бакнелл; пер. с англ.; под ред. В. Н. Кулезнева. – СПб.: НОТ, 2009. – Т. 1: Систематика. – 618 с.

МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ И МЕТОДЫ ИХ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами ранее при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин, логически связана с дисциплинами учебного плана «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Химия и физика полимеров», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Технология пластических масс», «Технология переработки пластмасс», «Технология композиционных материалов», «Охрана труда».

Предмет дисциплины – теоретические основы модификации полимеров и практические приемы идентификации пластмасс.

Основная цель преподавания дисциплины – формирование у студентов академических, социально-личностных и профессиональных компетенций, необходимых для решения теоретических и практических задач в учебной, производственной, исследовательской и управленческой деятельности.

Непосредственной задачей преподавания дисциплины является приобретение студентами предметных компетенций (знаний) и операциональных компетенций (умений) в области освоения методов, приемов, способов модификации и идентификации пластмасс, их применимости к методам переработки, способов определения их технологических и физико-механических свойств, оценки их качества и соответствия назначению и применению, которые необходимы в повседневной практике инженера-химика-технолога, конструктора, технического руководителя.

В результате изучения дисциплины студент должен знать цели и возможности модификации полимеров; добавки, применяемые для полимеров; свойства модифицированных полимеров;

возможность регулирования свойств изделий из пластмасс различными приемами; методы идентификации полимерных материалов; основные свойства модифицированных полимеров и области их применения. Кроме того, студент должен уметь применять теоретические основы дисциплины для решения конкретных практических задач; уметь подбирать модифицирующие компоненты для пластмасс; экспериментально определять свойства полимерных материалов и соответствие их требованиям стандартов, а также свойства изделий из пластмасс и соответствие их требованиям стандартов (технических условий); подбирать основное аналитическое и технологическое оборудование для получения модифицированных материалов.



10.1. Программа курса

Рабочая программа курса составлена на основании программы курса «Модификация свойств полимеров и методы их идентификации», утвержденной ректором УО «БГТУ» 17.05.2011 г. (№ УД-552/баз.).

Введение

Современное состояние и перспективы развития отечественной и мировой промышленности переработки пластмасс. Состояние полимерного рынка, пластмасс и композиционных материалов на основе полимеров.

10.1.1. Модификация полимеров

Модификация полимеров. Химические превращения полимеров. Основные типы модификаторов и их действие. Несвязывающие модификаторы. Связывающие модификаторы. Стимуляторы усиления. Модификаторы химического типа. Функционализированные полимеры.

Модификация полимеров низкомолекулярными веществами (производные целлюлозы). Смеси полимеров. Модификация олигомерами. Способы физической модификации полимеров. Способы химической модификации полимеров. Электростатический эффект. Конфигурационный эффект. Конформационный эффект.

Надмолекулярный эффект. Комбинированная химическая модификация полимеров. Обоснование выбора полимера и метода модификации.

10.1.2. Наполнение полимеров

Армирующие и дисперсные наполнители. Типы, природа, структура.

Значение фазовой границы. Модификация механических свойств. Модификация физико-механических и технологических свойств полимеров функциональными наполнителями. Свойства материалов с наполнителями различного типа: волокнистыми, слоистыми, неорганическими. Реология расплавов наполненных полимеров.

Пенонаполнители. Основы пенообразования. Принципы образования пены. Формирование пузыря. Рост пузыря. Стабильность пузыря. Ячеистая структура. Статистическое значение понятия ячейки. Закрытые и открытые ячейки, сетчатые пены. Размеры ячеек вспененных полимеров. Методы оценки. Размеры и число ячеек, толщина стенок ячеек. Размер ячеек и физические свойства. Три поколения полимерных пен. Шесть структурных уровней. Количественные параметры ячеистой структуры. Методы испытаний пеноматериалов: плотность, устойчивость к разрыву, воздухопроницаемость, остаточная деформация при сжатии, размеры ячеек, способность к упругой деформации, испытания на растяжение, воспламеняемость пены. Взаимосвязь в ряду переработка – структура – свойства.

10.1.3. Модификация вторичных полимеров

Термоокислительная деструкция полимеров. Светостарение полимеров. Другие виды деструкции. Защита полимеров от старения. Методы стабилизации полимеров. Методы оценки стабилизационного эффекта введенных добавок. Стандарты ASTM и ISO.

10.1.4. Методы идентификации полимерных материалов

Внешний вид образцов, определение растворимости, поведение образца в пламени. Определение химического состава отдельных классов полимеров с помощью качественных и количественных реакций. Органолептическая и визуальная идентификация полимерных материалов. Термогравиметрический анализ. ИК-спектроскопия.



10.2. Контрольные задания

При выполнении контрольной работы студент должен дать ответы на два вопроса. Номера вопросов выбираются из нижеприведенной таблицы по первым двум буквам фамилии студента. При наличии в группе однофамильцев номера вопросов устанавливаются по буквам имени.

Буквы фамилии	Номера контрольных вопросов	
А	1	18
Б, В	2	19
Г, Д	3	20
Е	4	21
Ж, З	5	22
И	6	23
К	7	24
Л	8	25
М, Н	9	26
О	10	27
П, Р	11	28
С, Т	12	29
У, Ф	13	30
Х, Ц	14	31
Ч, Ш, Щ	15	32
Ъ, Ъ, Ы	16	33
Э, Ю, Я	17	34

Контрольные вопросы

1. Модификация полимеров низкомолекулярными веществами (производные целлюлозы).
2. Модификация олигомерами.
3. Модификация ненасыщенных полиэфирных смол полимеризующимся мономером.
4. Комбинированная химическая модификация полимеров.
5. Модификация реологических и механических свойств функциональными наполнителями.
6. Значение фазовой границы.
7. Свойства материалов с волокнистыми наполнителями.

8. Свойства материалов со слоистыми наполнителями.
9. Свойства материалов с дисперсными наполнителями.
10. Реология расплавов наполненных полимеров. Взаимосвязь в ряду переработка – структура – свойства.
11. Основные типы модификаторов и их действие.
12. Несвязывающие модификаторы.
13. Связывающие модификаторы.
14. Стимуляторы усиления, модификаторы химического типа.
15. Функционализированные полимеры.
16. Способы физической модификации полимеров.
17. Способы химической модификации полимеров.
18. Электростатический эффект модификации.
19. Конфигурационный эффект модификации.
20. Надмолекулярный эффект модификации.
21. Комбинированная химическая модификация полимеров.
22. Основы пенообразования.
23. Принципы образования пены.
24. Формирование пузыря. Рост пузыря. Стабильность пузыря.
25. Ячеистая структура. Статистическое значение понятия ячейки.
26. Закрытые и открытые ячейки, сетчатые пены.
27. Размеры ячеек вспененных полимеров. Методы оценки. Размеры и число ячеек, толщина стенок ячеек. Размер ячеек и физические свойства.
28. Количественные параметры ячеистой структуры. Методы испытаний пеноматериалов: плотность, устойчивость к разрыву, воздухопроницаемость.
29. Количественные параметры ячеистой структуры. Методы испытаний пеноматериалов: остаточная деформация при сжатии, способность к упругой деформации, испытания на растяжение.
30. Внешний вид образцов, определение растворимости, поведение образца в пламени.
31. Определение химического состава отдельных классов полимеров с помощью качественных и количественных реакций.
32. Органолептическая и визуальная идентификация полимерных материалов.
33. Термогравиметрический анализ полимерных материалов.
34. ИК-спектроскопия полимерных материалов.



Рекомендуемая литература

Основная

1. Назаров, В. Г. Поверхностная модификация полимеров / В. Г. Назаров. – М.: МГУП, 2008. – 474 с.
2. Мюллер, А. Окрашивание полимерных материалов / А. Мюллер; пер. с англ.; под ред. С. В. Бронникова. – СПб.: Профессия, 2007. – 280 с.
3. Клемпнер, Д. Полимерные пены и технология вспенивания / Д. Клемпнер; пер. с англ.; под ред. А. М. Чеботаря. – СПб.: Профессия, 2009. – 600 с.

Дополнительная

1. Технология полимерных материалов / А. Ф. Николаев [и др.]; под общ. ред. В. К. Крыжановского. – СПб.: Профессия, 2008. – 544 с.
2. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М. Л. Кербер [и др.]; под ред. А. А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
3. Ла Мантия, Ф. Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантия; пер. с англ.; под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Профессия, 2006. – 400 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС

Составители:

Прокопчук Николай Романович
Мануленко Александр Филиппович
Касперович Ольга Михайловна и др.

Редактор *О. П. Приходько*
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*
Корректор *О. П. Приходько*

Подписано в печать 03.02.2012. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 6,2. Уч.-изд. л. 6,4.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.