

Інститут хімії та хімічних технологій

Спеціалізація:

Хімічні технології переробки полімерних та композиційних матеріалів

(код 161/1108)

Спеціальність:

Хімічні технології та інженерія

(код 161)

Галузь знань:

Хімічна та біоінженерія

(код 16)

Перелік дисциплін

для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр

- **Теоретичні основи перероблення пластмас**
- **Технологія перероблення термопластів**
- **Обладнання заводів з перероблення полімерів і композитів**
- **Фізико-хімія полімерів**

Дисципліна: Теоретичні основи перероблення пластмас

Розділ 1. Основи реології

§ 1. Задачі і зміст курсу. Значення теорії та теоретичних досліджень для переробки полімерів та еластомерів. Коротка історія розвитку теорії переробки

§ 2. Огляд технологічних методів та обладнання в переробці полімерів. Аналіз процесів переробки полімерів з позиції елементарних стадій

§ 3. Поверхневі властивості. Поверхневий натяг. Розтікання на рідині. Змочування твердих тіл. Адгезія. Адгезія між твердими тілами. Тертя та зношуваність. Сухе тертя. Зношування. Змащування. Трибоелектрика

§ 4. Основні поняття реології. Ньютонівські та неньютонівські рідини. Швидкість зсуву, напруження зсуву. Напруження та деформація. Основні види деформації. Швидкість деформації. Пружна та пластична деформація. В'язка течія

§ 5. Деформаційні властивості полімерів в залежності від температури. Методи визначення. Термомеханічні криві аморфних та кристалічних полімерів. Діаграми розтягу аморфних та кристалічних полімерів

§ 6. Накопичення та дисипація енергії. Величина дисипації енергії

Розділ 2. Основи течії полімерів

§ 1. В'язкість і текучість. Оцінка в'язкості розчинів та розплавів полімерів. Експериментальні методи визначення в'язкості. Віскозиметрія. Віскозиметр постійного тиску КВПД. Мікровіскозиметр МВ-2. Віскозиметр Убелоде

§ 2. Моделювання реологічних властивостей рідин. Модель Кельвіна-Фойхта. Модель Максвела. Об'єднана модель Максвела і Кельвіна. Модель Каргіна-Слонімського

§ 3. В'язкість при зсувній течії. Аномалія в'язкості. Релаксаційний спектр. Релаксаційний механізм аномалії в'язкості. Практичні методи кількісного описання аномалії в'язкої течії розплавів. Вплив температури на реологічні властивості полімерів. Вплив гідростатичного тиску на в'язкість полімерів. Нормальні напруження. Ефект Вейсенберга. Основні види аномалії в'язкості. Псевдопластичність. Дилатансія. Тіксотропія. Реопексія

§ 4. Вплив гідростатичного тиску і температури на густину розплавів. Входові ефекти

Розділ 3. Елементарні стадії технології переробки полімерів

§ 1. Змішування. Теоретичні основи змішування. Основні визначення та механізм змішування. Описання механізму змішування. Опис сумішей. Макрооднорідність. Розподілювальне змішування. Ламінарне змішування. Функції розподілення деформації. Змішувачі періодичної дії. Змішувачі неперервної дії. Гомогенізація. Диспергування

§ 2. Змішування в процесах переробки. Ламінарне змішування реологічних однорідних рідин. Рандомізація елементів площі поверхні розділу. Орієнтація поверхні розділу та початкове розміщення частинок відносно ліній потоку. Ламінарне змішування реологічно неоднорідних рідин. Вплив в'язкостей компонентів на змішування. Статичні змішувачі. Вальці. Змішувачі закритого типу

§ 3. Механіка руху сипких матеріалів. Агломерація. Розподіл тисків в циліндричних та конічних бункерах. Гравітаційний рух. Ущільнення матеріалу. Рух в закритих каналах

§ 4. Плавлення полімерів. Класифікація методів плавлення. Роль геометрії тіл, граничних умов та фізичних властивостей полімеру при плавленні. Плавлення полімеру за рахунок теплопровідності. Дисипативний розігрів та плавлення при перемішуванні

§ 5. Створення тиску та перекачування розплаву. Класифікація методів створення тиску. Динамічні способи створення тиску за рахунок сил в'язкого тертя (течія між паралельними пластинами). Течія між непаралельними пластинами. Течія між двома валками. Течія розплаву між двома дисками, що зближуються

Література

1. *Бортников В.Г.* Основы технологии переработки пластических масс : учеб.пособие для вузов / В.Г. Бортников. – Л. : Химия, 1983. – 304 с.
2. *Торнер Р.В.* Теоретические основы переработки полимеров (механика процессов) / Р.В. Торнер. – М. : Химия, 1977. – 464 с.

Дисципліна: Технологія перероблення термопластів

Розділ 1. Класифікація методів та підготовчі операції переробки полімерних матеріалів

§ 1. Класифікація методів переробки пластмас

§ 2. Підготовка полімерних композицій до переробки. Подрібнення. Методи подрібнення. Просіювання. Усереднення (укрупнення) партій. Підсушування. Зволоження. Змішування. Розчинення. Фарбування

Розділ 2. Полімерні композиції. Технологічні властивості пластичних мас

§ 1. Компоненти полімерних композицій. Пластифікатори. Стабілізатори. Наповнювачі

§ 2. Технологічні властивості пластичних мас. Текучість і її використання під час розробки технології переробки полімерів. Суть методів визначення текучості термопластів та реактопластів. Визначення ПТР. Визначення текучості за Рашигом. Дослідження в'язкотекучих характеристик реактопластів по методу Канавця. Вплив текучості на якість виробів і конструктивні особливості обладнання. Усадка виробів з пластмас. Усадка виробів з термопластів. Усадка виробів з реактопластів. Анізотропія усадки. Вміст вологи та летких речовин. Методи визначення. Гранулометричний склад та об'ємні характеристики. Методи дослідження. Насипна густина. Питомий об'єм. Коефіцієнт ущільнення

Розділ 3. Технологія виготовлення виробів з термопластів

§ 1. Технологія формування методом лиття під тиском. Суть методу лиття під тиском. Різновидності процесів лиття під тиском. Лиття в холодну форму. Лиття під тиском при змінній температурі форми. Спосіб інтрузії. Інжекційне (литтєве пресування). Сендвіч лиття. Гарячеканальне лиття. Лиття з газом. Лиття з рідиною. Вироби, які виготовляються литтям під тиском. Матеріали. Вимоги до пластмас, які переробляються литтям під тиском. Технологія лиття під тиском термопластів. Транспортування і складання. Контроль сировини. Підготовка сировини. Подрібнення і підготовка вторинної сировини. Транспортування до машини. Формування виробу. Механічна обробка. Термообробка (термовідпал). Контроль готової продукції. Пакування та складування. Технологічні параметри лиття під тиском термопластів. Вплив технологічних параметрів на якість виробів і продуктивність технологічного процесу. Види браку при литті під тиском та шляхи його усунення

§ 2. Технологія формування порожнистих виробів із замкнутим об'ємом. Метод екструзійного видування. Суть методу. Матеріали, які використовуються. Вироби. Стадії технологічного процесу. Види браку та способи усунення. Технологія формування методом литтєвого видування. Технологія ротаційного формування виробів

§ 3. Технологія формування виробів з листових матеріалів. Термоформування. Фізико-хімічні основи процесу. Вимоги до матеріалів та заготовки. Основні способи термоформування. Вакуум формування. Пневматичне формування. Пневмоформування в матрицю. Пневмоформування в матрицю з витяжкою листа штовхачем. Гідравлічне і пароповітряне формування. Механічне формування і комбіновані методи. Технологія формування виробів термоформуванням

§ 4. Технологія формування погонажних виробів методом екструзії. Загальні поняття. Загальна характеристика екструзії. Технологія формування плівок екструзійним методом. Виготовлення плівок рукавним методом. Одержання плівок з наступним роздувом з подачею рукава в гору; з прийманням рукава вниз; з горизонтальним підбором рукава. Плоскощілинна екструзія. Способи плоскощілинної екструзії в залежності від охолодження полотна. Технологічні параметри екструзії плівки. Стадії технологічного процесу. Переваги та недоліки методу екструзії плоскої плівки. Орієнтація плівок. Виготовлення комбінованих (двошарових) плівок (дублювання). Види браку при екструзії плівок, його причини і способи усунення. Технологія одержання листів методом екструзії. Технологічні параметри екструзії листів. Технологія виробництва полімерних труб методом екструзії. Стадії технологічного процесу. Способи калібрування. Технологічні

параметри екструзії труб. Допоміжні екструзійні процеси

§ 5. Вальцювання та каландрування. Технологія формування погонажних виробів методом вальцювання та каландрування. Суть процесу вальцювання. Суть процесу каландрування. Основи технології каландрування. Одержання плівок вальцюво-каландровим методом

Розділ 4. Технологія виготовлення виробів з реактопластів

§ 1. Пресування реактопластів. Способи пресування. Компресійне пресування. Сировина для пресування. Типовий технологічний процес пресування. Зберігання і транспортування сировини. Контроль якості. Таблетування прес-матеріалів. Попередній підігрів прес-матеріалу. Формування виробів. Завершальні стадії процесу пресування. Технологічні параметри компресійного пресування. Брак при пресуванні. Литтєве пресування. Переваги та недоліки

§ 2. Лиття під тиском реактопластів. Особливості лиття під тиском реактопластів. Особливості обладнання та оснащення. Переваги та недоліки лиття під тиском реактопластів. Види браку при литті під тиском реактопластів

Розділ 5. Виготовлення виробів із армованих пластиків

§ 1. Основи технологія виготовлення виробів із армованих пластиків. Стадії технологічного процесу переробки армованих пластиків. Основні методи та устаткування для формування виробів. Контактний метод формування. Формування намоткою. Пневматичне формування з еластичною діафрагмою

Розділ 6. З'єднання пластмасових деталей

§ 1. Методи складання пластмасових деталей. Зварювання пластмас. Контактне зварювання. Зварювання нагрітим газом. Зварювання інфрачервоним і гамма-випроміненням. Зварювання методом спікання. Зварювання тертям. Індукційний метод зварювання. Зварювання ультразвуком. Склеювання пластмас

Література

1. *Суберляк О.В.* Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів : підруч. / О.В. Суберляк, П.І. Баштанник. – Львів : Растр-7, 2007. – 307 с.
2. *Пахаренко В.А.* Переработка полимерных композиционных материалов / В.А. Пахаренко, Р.А. Яковлева, А.В. Пахаренко. - К. : изд. комп. «Воля», 2006. – 552 с.
3. *Гуль В.Е.* Основы переработки пластмасс / В.Е. Гуль, М.С. Акутин. – М. : Химия, 1985. – 400 с.

Дисципліна: Обладнання заводів з перероблення полімерів і композитів

Розділ 1. Вступ. Мета та задачі курсу. Основні поняття

§ 1. Основні поняття та визначення

Розділ 2. Допоміжне обладнання підготовчого циклу заводів з перероблення полімерів і композитів

§ 1. Обладнання для приймання, транспортування і зберігання сировини

§ 2. Обладнання для подрібнення матеріалів

§ 3. Обладнання для змішування полімерних матеріалів

§ 4. Обладнання для гранулювання

§ 5. Обладнання для сушіння полімерних матеріалів

§ 6. Обладнання для підготовки реактопластів до пресування

Розділ 3. Машини для лиття під тиском

§ 1. Будова та принцип роботи литтєвої машини

§ 2. Класифікація литтєвих машин та їх основні параметри

§ 3. Вузол пластикації та впорскування

§ 4. Вузол змикання форми

Розділ 4. Обладнання для пресування

§ 1. Суть пресування

§ 2. Класифікація пресів

§ 3. Будова і принцип роботи преса

§ 4. Конструкція основних вузлів і деталей преса

§ 5. Автоматизовані пресові комплекси

Розділ 5. Екструзійні машини та агрегати

- § 1. Класифікація екструдерів
- § 2. Конструкція і принцип роботи одношнекового екструдера
- § 3. Функціональні зони каналу шнека
- § 4. Сумісна робота функціональних зон шнека
- § 5. Конструкція основних вузлів і деталей екструдерів
- § 6. Загальна конструкція і принцип роботи двошнекового екструдера
- § 7. Дискові і дисково-шнекові екструдери
- § 8. Поршневі екструдери
- § 9. Принципова конструкція екструзійних головок
- § 10. Екструзійні лінії

Розділ 6. Обладнання для формування пористих виробів.

- § 1. Обладнання для екструзійно-роздувного формування виробів
- § 2. Обладнання для інжекційно-роздувного формування виробів

Розділ 7. Обладнання для термоформування з листових термопластичних матеріалів

- § 1. Суть і різновиди методу термоформування
- § 2. Конструкція і принцип роботи обладнання для пневмовакуумформування
- § 3. Конструкція основних вузлів машин для пневмовакуумформування

Розділ 8. Каландри і каландрові машини.

- § 1. Принцип роботи каландрів
- § 2. Конструкція каландра

Розділ 9. Допоміжне обладнання завершального циклу

- § 1. Обладнання для механічного оброблення виробів
- § 2. Обладнання для зварювання пластмас
- § 3. Обладнання для оздоблення виробів з пластмас

Література

1. *Ревяко М.М.* Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс: учеб. пособ. / М.М. Ревяко, О.М. Касперович. – М.: БГТУ, 2005. – 344 с.
2. *Шеришев М.А.* Оборудование заводов пластмасс: учеб. пособ. для академ. бакалавриата: в 2-х ч.: / М.А. Шеришев, В.С. Ким. – 2-е изд. испр. и доп. – Ч. 1: М.: Изд. Юрайт, 2017. – 277 с.; Ч. 2: М.: Изд. Юрайт, 2018. – 301 с.
3. *Производство изделий из полимерных материалов* / под ред. В.К. Крыжановского. - СПб.: Профессия, 2008. – 460 с.

Дисципліна: Фізико-хімія полімерів

Розділ 1. Основи хімії полімерів

- § 1. Основні поняття і визначення. Класифікація полімерів
- § 2. Полімеризація: означення, загальна схема реакції, класифікація за механізмом. Мономери, які застосовують, їх поділ за природою реакційного центру. Радикальна полімеризація: механізм, елементарні реакції полімеризації. Ініціювання: методи ініціювання, ефективність, типи ініціаторів, промоторів. Реакції зростання та обриву ланцюга. Явище гелю-ефекту. Реакція передачі ланцюга: типи реакцій, теломеризація, регулятори й інгібітори, індукційний період. Кінетична і термодинамічна ймовірність полімеризації. Вплив будови мономеру і ініціатора на кінетику вільнорадикальної полімеризації
- § 3. Співполімеризація: означення, загальна схема реакції. Співполімеризація двох мономерів: диференціальне рівняння Майо-Льюїса, графічна залежність складу співполімеру від складу вихідної суміші. Методи проведення полімеризації: в газовій та твердій фазах, в розчині, блокова, емульсійна, суспензійна
- § 4. Йонна полімеризація: означення, відмінності від радикальної, активні центри. Катіонна полімеризація: мономери, каталізатори, механізм ініціювання, зростання та обрив ланцюга, закономірності кінетики. Кінетичні і термодинамічні фактори зростання ланцюга. Аніонна полімеризація: мономери, каталізатори, механізм ініціювання, елементарні реакції процесу,

особливості кінетики, вплив зовнішніх факторів і природи каталізатора. Ступінчаста (міграційна) полімеризація, механізм і практичне значення процесу

§ 5. Поліконденсація: визначення, механізм, основні стадії. Мономери: поняття про функціональні реакційні групи і функціональність, класи біфункціональних мономерів. Характер взаємодії між функціональними групами, лінійна і тривимірна, глибина протікання реакції, рівноважна і нерівноважна поліконденсація. Закономірності рівноважної поліконденсації: елементарні стадії і кінетика, вплив зовнішніх факторів (тиск, температура, час, концентрація) на швидкість і глибину перетворення. Особливості реакцій нерівноважної поліконденсації. Відмінності поліконденсації від радикальної полімеризації

§ 6. Хімічні реакції перетворень полімерів. Полімераналогічні перетворення: визначення, приклади реакцій гідролізу, хлорування, циклізації. Внутрішньомолекулярні перетворення: визначення, основні типи реакцій. Міжмолекулярні перетворення: визначення, поділ на групи. Синтез блок- та прищеплених співполімерів: різниця між ними, основні способи одержання. Реакції структурування. Зшивання за функціональними групами, отвердження ненасичених полімерів, зшивання киснем і пероксидами, вулканізація еластомерів, реакції отвердження реактопластів, зшивання при допомозі отверджувачів

§ 7. Деструкція полімерів: визначення, два види і основні типи. Хімічна деструкція: гідроліз, ацидоліз, алкоголіз, аміноліз і амоноліз, окиснювальна деструкція. Фізична деструкція: термічна, фото і радіаційна (радіоліз). Старіння і стабілізація полімерів: визначення, антиоксиданти, світлостабілізатори, антиради

Розділ 2. Структура полімерів

§ 1. Міжмолекулярна й внутрішньомолекулярна взаємодія в полімерах: внутрішнє обертання в молекулах, потенціальний бар'єр обертання, конформація й конфігурація молекул. Гнучкість ланцюга макромолекули: конформація макромолекул, поняття про сегмент і сегментну рухливість, термодинамічна й кінетична гнучкість, вплив хімічної будови ланцюга та інших факторів на гнучкість макромолекул, параметри, що характеризують гнучкість макромолекул

§ 2. Конфігурація макромолекул. Конфігураційні рівні: конфігурація ланки, конфігурація приєднання ланки, конфігурація приєднання великих блоків, конфігурація ланцюга. Неоднорідність високомолекулярних сполук за молекулярними масами. Моно- і полідисперсні полімери. Середньочислова й середньомасова молекулярна маса. Молекулярно-масовий розподіл. Диференціальні та інтегральні молекулярно-масові розподіли. Методи вивчення молекулярних мас і молекулярно-масових розподілів полімерів

§ 3. Надмолекулярна структура полімерів. Моделі надмолекулярних структур аморфних полімерів. Надмолекулярна структура кристалічних полімерів: особливості кристалічної фази, типи кристалічних структур. вплив надмолекулярної структури на фізико-механічні властивості. Орієнтація макромолекул і орієнтований стан полімерів: особливості будови орієнтованих полімерів, перехід від ізотропної до неізотропної структури, особливості розтягу кристалічних полімерів і переходу в орієнтований стан, характеристика ступеня орієнтації, вплив температурно-часового фактора на утворення орієнтованих структур

§ 4. Агрегатні й фазові стани в полімерах. Фазові переходи першого й другого роду. Кристалізація як фазовий перехід першого роду: фактори, що визначають здатність полімерів до кристалізації, основні закономірності. Особливості плавлення полімерів, залежність температури плавлення від умов кристалізації. Фізичні стани полімерів: склоподібний, високоеластичний, в'язкотекучий. Температури фізичних переходів. Вплив хімічного складу і молекулярної маси полімерів на температури переходів. Типи термомеханічних кривих

§ 5. Склоподібний стан і склування: фактори, що впливають на температуру склування, теорії склування, методи визначення температури склування. Високоеластичний стан: ентропійний механізм пружності каучуків, особливості високоеластичної деформації полімерів, вплив хімічної будови й густини хімічних зшивань на модуль і положення плато високоеластичності, високоеластична деформація еластомерів, високоеластичність лінійних високомолекулярних сполук, термоеластопласти. В'язкотекучий стан полімерів: ознаки в'язкотекучого стану, механізм течії полімеру, вплив структури полімеру на температуру текучості, криві течії розплавів полімерів

Розділ 3. Фізико-механічні властивості полімерів

§ 1. Релаксаційні властивості розплавів полімерів: релаксація напруження, поняття про час релаксації, критерій Дебори, повзучість, закономірності повзучості і пружного відновлення полімерів, моделювання процесу розтягу різних типів полімерів, крива напруження-деформація,

залежність температур релаксаційних переходів від швидкості (частоти) дії. Принцип температурно-часової суперпозиції

§ 2. Розчини полімерів: істинні розчини, особливості розчинення високомолекулярних сполук, обмежене й необмежене набування, кінетика набування, термодинаміка розчинення. Властивості розчинів полімерів. Розбавлені розчини полімерів: в'язкість, вплив молекулярної маси полімеру й природи розчинника. Концентровані розчини полімерів. Принципова різниця й критерій переходу від розбавлених до концентрованих розчинів. Вискоеластичність розчинів полімерів. Криві течії розчинів полімерів

§ 3. Пластифікація полімерів: внутрішньоструктурна та міжструктурна пластифікація, явище антипластифікації, вплив пластифікаторів на властивості полімерів, вимоги до пластифікаторів, речовини, що використовують як пластифікатори. Студні (гелі): термозворотні й термонеозворотні студні, точка гелеутворення, синерезис студнів

§ 4. Механічні властивості полімерів. Деформаційно-міцнісні властивості полімерів у склоподібному стані. Крихкий стан полімерів. Вимушені високоеластичні деформації склоподібних полімерів, закономірності їх прояву. Поняття про теоретичну, гранично досяжну й реальну міцність. Механізм руйнування полімерів. Теорія Гріффіта. Руйнування полімерів у високоеластичному стані. Довговічність полімерів

§ 5. Проникність полімерів: основні поняття й визначення, проникність полімерів для різних низькомолекулярних сполук, вплив фізичного стану на проникність, вплив фазового стану і фізичної структури полімерів на їх проникність для газів і парів. Теплофізичні властивості полімерів: теплоємність, теплопровідність, температуропровідність, теплове розширення. Електричні властивості полімерів: властивості полімерних діелектриків, напівпровідників і електропровідних матеріалів, статична електризація

Література

1. *Суберляк О. В.* Теоретичні основи хімії та технології полімерів: навч. посіб. / О.В. Суберляк, В.Й. Скорохода, Н.Б. Семенюк. – Львів : вид-во Львівської політехніки, 2014. – 336 с.
2. *Тхір І.Г.* Фізико-хімія полімерів : навч. посіб. / І.Г. Тхір, Т.В. Гуменецький. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 240 с.
3. *Тугов И.И.* Химия и физика полимеров : учеб. пособие для вузов / И.И. Тугов, Г.И. Костыркина. – М. : Химия, 1989. – 432 с.
4. *Кулезнев В.И.* Химия и физика полимеров : учеб. для хим.-технол. вузов / В.И. Кулезнев, В.А. Шершнеv. – М. : Высш. шк., 1988. – 312 с.