

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з дисципліни
«ЛИТТЯ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ»
для студентів денної та заочної (дистанційної) форм навчання
спеціальності 131– Прикладна механіка
(спеціалізація «Обладнання та технології ливарного виробництва»)

Затверджено
на засіданні кафедри МЛВ
Протокол № 4 від 23.05.2018 р.

Кропивницький – 2018
ЦНТУ

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять з дисципліни
«ЛИТТЯ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ»
для студентів денної та заочної (дистанційної) форм навчання
спеціальності 131– Прикладна механіка
(спеціалізація «Обладнання та технології ливарного виробництва»)

Кропивницький – 2018
ЦНТУ

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Лиття неметалевих матеріалів» для студентів денної та заочної (дистанційної) форм навчання спеціальності 131 – Прикладна механіка (спеціалізація «Обладнання та технології ливарного виробництва»). – Кропивницький: ЦНТУ. – 2018 р. – 55 с.

Укладач: викладач Босий М.В.

Рецензент: канд.техн. наук., доц. Кузик Олександр Володимирович

З М І С Т

Стор.

Вступ.....	5
1. Практичне заняття № 1. Пластмаси: їх класифікація, фізико-механічні властивості та застосування.....	6
2. Практичне заняття № 2. Технологія виготовлення деталей з пластмас пресуванням і преслиттям.....	18
3. Практичне заняття № 3. Технологія виготовлення деталей з термопластичних та термореактивних пластмас.....	28
4. Практичне заняття №4. Фізико-механічні властивості композиційних матеріалів з полімерною матрицею.....	41
5. Практичне заняття № 5. Технологічний процес одержання нероз'ємних з'єднань з полімерів.....	47
Завдання для виконання самостійних, індивідуальних та контрольних робіт.....	52
Список літератури.....	55

Вступ

Методичні вказівки складені згідно з навчальним планом і робочою програмою дисципліни «Лиття неметалевих матеріалів».

Метою практичних занять є ознайомлення студентів з теоретичними і практичними питаннями виготовлення деталей з пластмас і композиційних матеріалів, з необхідним комплексом властивостей, найбільш поширеними високопродуктивними методами.

Студенти при виконанні практичних занять з дисципліни «Лиття неметалевих матеріалів» повинні знати:

- основні технологічні особливості при одержанні полімерів полімеризаційним і поліконденсаційним методами;
 - роль енерго-та ресурсозберігаючих процесів у технології полімерів;
 - технологію виготовлення деталей з пластмаси, термопластів, реактопластів, вуглецевих волокон;
 - взаємозв'язок технологічних параметрів процесу переробки полімерів та властивостей готових виробів;
 - основні напрямки застосування полімерних матеріалів;
- а також вміти:
- аналізувати технологічні та експлуатаційні властивості пластмаси, композиційних матеріалів та область їх використання;
 - вибирати та обґрунтовувати найбільш доцільні методи та технологічні схеми виробництва деталей з пластмас і композиційних матеріалів.

Перед виконанням практичних занять студенти повинні вивчити теоретичний матеріал, знати мету і порядок проведення роботи, використовуючи при цьому дані методичні вказівки, список наведеної літератури і конспект лекцій.

У звіті вказується назва і номер практичного заняття, його мета, порядок проведення заняття, наводяться результати розрахунку і висновки.

Практичне заняття № 1

ПЛАСТМАСИ: ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ, ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

1. 1. Мета роботи

Вивчити пластмаси: їх класифікацію, фізико-механічні властивості та застосування.

1.2. Загальні відомості

Пластмаси – неметалеві матеріали, які характеризуються стійкістю в агресивних середовищах, значною відносною міцністю, невисокою питомою вагою та технологічністю при виготовленні деталей з них. Вони мають високий електричний опір та малу теплопровідність, використовуються у різних галузях промисловості, можуть мати надзвичайно високий або надзвичайно низький модуль пружності та ще цілий ряд унікальних властивостей, які вигідно відрізняють їх від інших матеріалів.

Основою всіх пластмас є **полімери** – речовини, молекули (макромолекули) яких складаються з великої кількості повторюваних груп атомів або кілець ланцюга (рис. 1.1).

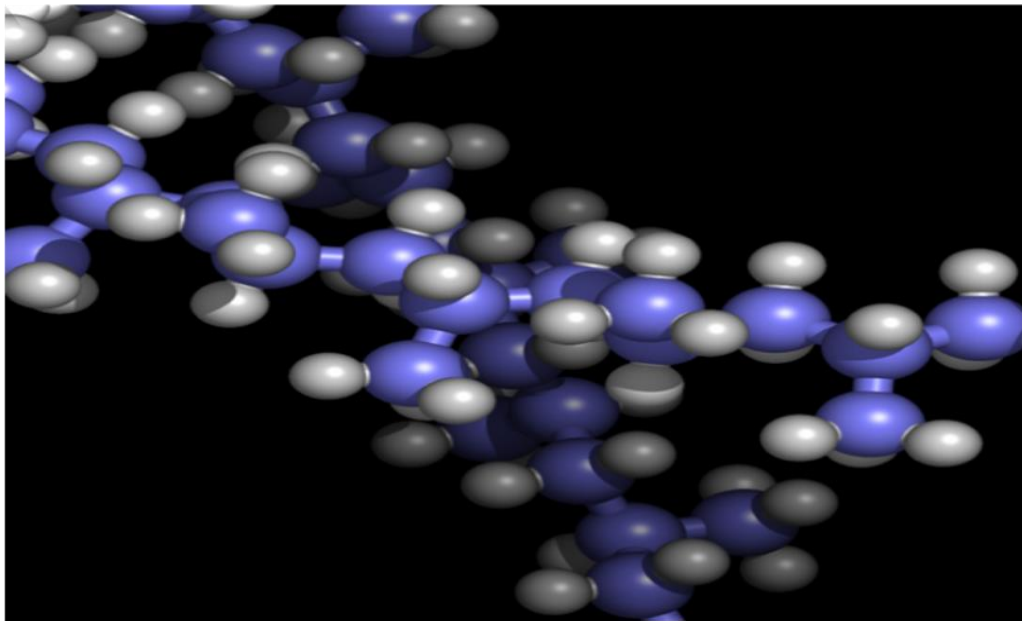


Рисунок1.1 – Полімери – високомолекулярні сполуки

Залежно від форми полімери можуть мати лінійну, розгалужену, стрічкову або сітчасту (просторову) будову (рис.1.2).

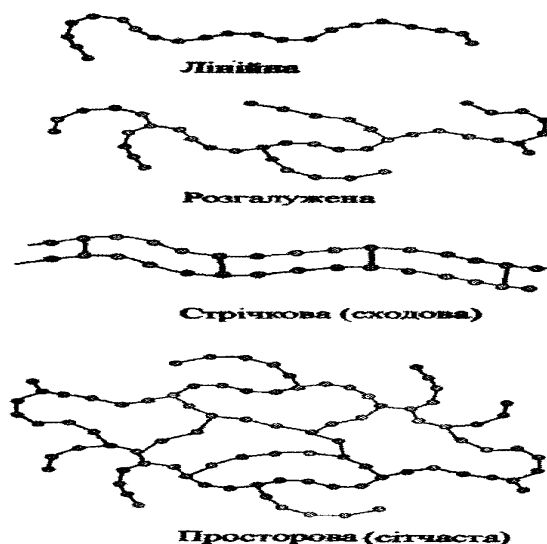


Рисунок 1.2 – Можливі форми макромолекул полімерів

Склад пластмаси має також компоненти, які сприяють поліпшенню їх властивостей. Це наповнювачі, затверджувачі, пластифікатори, стабілізатори та спеціальні добавки (рис.1.3).



Рисунок.1.3 – Склад пластмаси

Загальноприйнятої класифікації пластмас відповідно до різних галузей промисловості не існує. Головним чином, споживачів цих матеріалів цікавлять властивості пластмас і (рідше) методи одержання з них деталей. Враховуючи це, зручно класифікувати пластмаси за структурою полімеру (зв'язуючого) і наповнювача.

Синтетичні полімери можуть бути одержані в результаті **реакції полімеризації та поліконденсації**.

Полімеризація – утворення високомолекулярної сполуки (полімера) з низькомолекулярних сполук (мономерів), під час якого не виділяються побічні продукти реакції. Прикладом реакції полімеризації може бути утворення твердої високомолекулярної речовини поліетилену $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ з n -ної кількості молекул мономера у вигляді газу етилену $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ при підвищених тиску й температурі.

Поліконденсація – утворення високомолекулярної сполуки (полімера) з низькомолекулярних сполук (мономерів), яке супроводжується виділенням побічних речовин (H_2O , HCl , NH_3 та ін.). Внаслідок поліконденсації, наприклад, утворюється смола з фенолу і формальдегіду.

Відповідно до нагрівання і молекулярної структури полімерні матеріали поділяють на термопластичні і термореактивні.

Термопластичні пластмаси (термопласти) – матеріали на основі полімерів з лінійною або розгалуженою структурою молекул. Під дією теплоти вони переходять із склоподібного стану до високопластичного і в'язкотекучого. В термопластах не відбувається хімічних реакцій під час їх переробки.

Класифікацію ненаповнених пластмас наведено на рис.1.4.

У **термореактивних пластмасах (реактопластах)** під дією теплоти проходять незворотні хімічні реакції, які приводять до утворення нових хімічних зв'язків. Утворений при цьому жорсткий полімер набуває просторової сітчастої структури молекул, тобто відбувається затвердіння: вони стають неплавкими, нерозчинними, твердими. Залежно від природи наповнювача розрізняють пластмаси з мінеральними (скло-, азбо-, карбо-, графіто-, боропластики), металевими (металопласти), органічними (органопласти) і з гібридними наповнювачами (гібридні пластики).

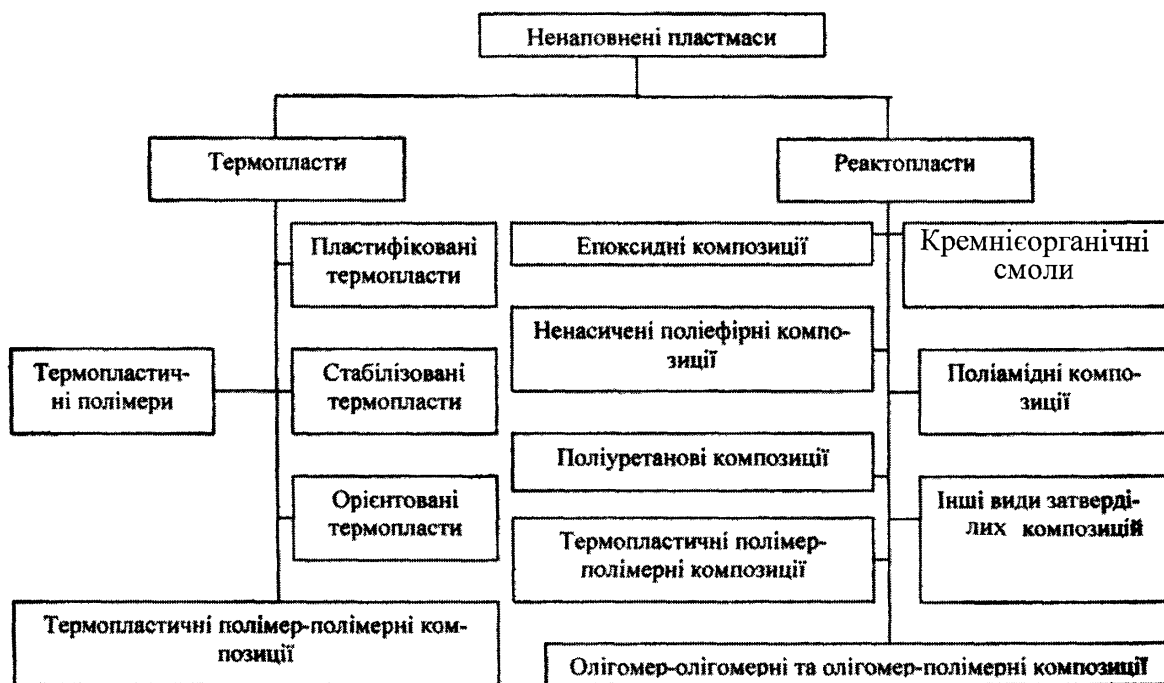


Рисунок 1.4 – Схема класифікації ненаповнених пластмас

Виділяють пластмаси з інертними наповнювачами (для зниження вартості), з активними наповнювачами, які підвищують міцність, жорсткість й інші експлуатаційні властивості матеріалів, а також з наповнювачами, які надають спеціальних властивостей пластмасам (вогнестійкість, антифрикційні та фрикційні властивості, необхідні теплофізичні, електричні і магнітні властивості і т. п.).

За видом наповнювача пластмаси поділяють на порошкові (преспорошки), волокнисті (волокніти), шаруваті, а також газонаповнені, або сотові.

Класифікацію наповнених і армованих пластмас за формою частинок наповнювача і їх розподілом наведено на рис.1.5.

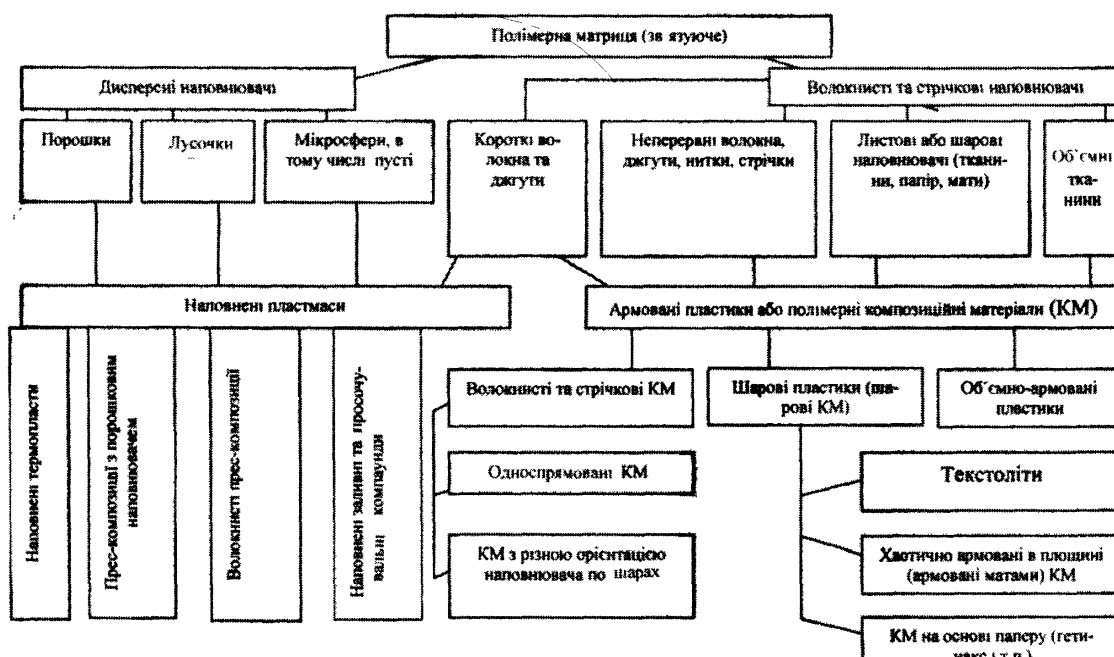


Рисунок 1.5 – Схема класифікації наповнених і армованих пластмас за формою частинок наповнювача

До недоліків пластмас слід віднести в цілому незначну теплостійкість, пружність, ударну в'язкість, деформацію під навантаженнями (повзучість).

Пластмаси використовували в якості замінників таких традиційних матеріалів як метали, бетон, кераміка, скло, дерево, у тих випадках, коли їх використання більш ефективне, а потім вони набули і самостійного застосування. В табл. 1.1 наведено загальну характеристику переваг та недоліків використання полімерних матеріалів в порівнянні з іншими матеріалами.

Таблиця 1.1 – Призначення та характеристика застосування матеріалів

Матеріал	Призначення	Недоліки застосування	Технологічність виготовлення виробів	Сфери заміни пластмасами
1	2	3	4	5
Сталь	Деталі, які працюють при високих термічних навантаженнях – до 600°C із збереженням високих механічних властивостей, що поєднують електропровідність і магнітні властивості. Деталі, які працюють при термічних навантаженнях більше 1000°C, без збереження магнітних і зі збереженням механічних властивостей	Велика щільність, недостатня хімічна стійкість. Більш високі в порівнянні з пластмасами трудозатрати на одержання сировини	Трудомісткість, енергоємність та багатостадійність переробки з великими відходами матеріалу в стружку. Легко з'єднується зварюванням, штампується в тонкостінні великогабаритні деталі	Малонавантажені кожухи, огорожі, деталі, які працюють при порівняно невисоких температурах (одержувані із м'яких будівельних сталей)

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
Чавун	Для механічно навантажених деталей, які працюють при температурах до 350°C, в поєднанні з електричними навантаженнями	Велика щільність, недостатня хімічна стійкість, крихкість, зниження властивостей при підвищенні температури	Трудомісткість переробки. Для одержання складних виробів потрібна додаткова обробка	Малонавантажені деталі нескладної конфігурації, кулачки, втулки, корпуси
Кольорові метали	Деталі з високою хімічною стійкістю, електричними та антифрикційними властивостями, які працюють до 200-400°C. Витвори мистецтва, обробка виробів культурно-побутового призначення	Зміна властивостей при зміні температури експлуатації. Великий дефіцит сировини	Трудомісткість переробки з великими відходами. Можливе лиття під тиском. Добре з'єднуються зварюванням	Хімічно стійкі, антифрикційні деталі, які працюють при температурах до 500°C, обробка виробів культурно-побутового призначення, тонкі трубопроводи
Пластмаси	Полегшені деталі. Деталі з високою хімічною стійкістю, антифрикційними, електроізоляційними і оптичними властивостями. Хороші тепло- і звукоізолятори. Тонкі плівки електротехнічного, харчового призначення	Збільшення повзучості і зниження властивостей при підвищенні температури і старінні в межах температур експлуатації	Велика ефективність переробки. Порівняно низька енергоємність отримання деталей. З'єднуються зварюванням, склеюванням	
Кераміка	Деталі, які працюють під дією високих термічних і механічних навантажень, тепло- і електроізолятори, хімічно стійкі і водостійкі деталі	Велика крихкість, складність догляду при експлуатації. Великі відходи матеріалу при монтажі та експлуатації	Трудомісткість переробки. Трудність з'єднання. Обмеженість габаритів виробів, що затрудняє збирання конструкцій	Хімічно стійкі і водостійкі деталі, малонавантажені термічно і механічно. Електроізолятори, які працюють при низьких температурах
Бетон	Великогабаритні товстостінні будівельні деталі, які працюють під час дії високих механічних навантажень і з хорошою теплостійкістю	Крихкість, особливо в тонкостінних конструкціях	Добре з'єднуються зварюванням арматури із закладенням швів	Тонкостінні тепло- і звукоізоляційні панелі, замазки для підлоги, полімербетонні конструкції
Скло	Вироби, які потребують поєднання хороших оптичних і високих термічних властивостей або поєднання хімічної стійкості і високих термічних властивостей або поєднання всіх перелічених властивостей	Висока крихкість, можливість руйнування при температурних перепадах, великі відходи при отриманні виробів	Трудомісткість і енергоємність переробки. Погано з'єднуються	Оптичні і хімічно стійкі вироби, які працюють при температурах, близьких до температури кипіння води

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
Дерево	Деталі з невеликою густиною, які працюють при невисоких механічних навантаженнях і з незначною зміною властивостей в цьому інтервалі. Меблі, витвори мистецтва, оздоблення виробів	Схильні до руйнування від вологості, мікроорганізмів, біологічних факторів	Трудомісткість переробки	Деталі меблів, оздоблення виробів, будівельні конструкції (крім несучих)

Переробка пластмас на вироби менш трудомістка й енергоємна, ніж інших матеріалів. Пластмаси – хороші тепло- і електроізоляційні матеріали, мають добрі радіотехнічні властивості, характеризуються високою хімічною стійкістю, добре переносять ударні навантаження, в тому числі при низьких температурах.

Пластмаси поступаються металам за електропровідністю і магнітними властивостями.

Кожний вид пластмас має широкий спектр застосування, але для ефективної експлуатації деталей із пластмас потрібно, щоб вони працювали при строго визначених температурних, силових і часових навантаженнях з урахуванням умов різних кліматичних зон. Найбільш цінні технічні й економічні властивості пластмас виявляються тільки при їх правильному підборі та експлуатації. В табл. 1.2 наведено якісне порівняння основних властивостей пластмас та інших матеріалів.

Таблиця 1.2 – Порівняння експлуатаційних властивостей пластмаси та інших матеріалів

Показник	Пластмаси	Метал	Бетон	Кераміка	Скло	Дерево
Мала густина	+	-	+	+	+	+
Хімічна стійкість	+	-	-	±	+	-
Діелектричні властивості	+	-	+	+	+	-
Теплоізоляційні властивості	+	-	+	+	-	+
Прозорість	+	-	-	-	+	-
Опір ударним навантаженням	+	+	-	-	-	+
Антифрикційні властивості	+	+	-	-	-	-
Жорсткість	+	+	+	+	+	+
Опір повзучості	-	+	+	+	+	-
Велика робоча температура	-	+	+	+	+	-
Вогнестійкість	±	+	+	+	+	-
Забарвлюваність	+	-	+	-	+	-
Ефективність переробки у вироби	+	-	-	-	-	-
Енергоємність під час переробки	+	-	-	-	-	-
Примітка. «+» - добрі; «-» - погані						

Один із найважливіших показників кожного матеріалу – технологічність одержання з нього деталей (ефективність переробки). У пластмас цей показник високий. Саме цим у багатьох випадках визначається ефективність їх використання замість традиційних матеріалів. Застосування пластмас наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Пластмаси та їх застосування

Матеріали	Види деталей, вузлів машин і технологічного оснащення
Поліаміди, поліпропілен, пентапласти, полікарбонати, поліформальдегід, фенопласти, волокніт, текстоліт, деревні пластики	Зубчаті та черв'ячні колеса
Поліаміди, поліетилен, фторопласти, поліпропілен, поліакрилати, епоксіпласти, пентапласти, полікарбонати, поліформальдегід, фенопласти, волокніти, текстоліт, деревні пластики	Підшипники ковзання, кочення
Поліаміди, епоксіпласти, текстоліт	Напрямки верстатів
Поліетилен, полівінілхлорид, поліпропілен, полікарбонати, склопластики	Труби, деталі арматури, фільтри масляних і водних систем
Поліаміди, поліетилен, полівінілхлорид, поліпропілен, пентапласти, полікарбонати, склопластики	Робочі органи вентиляторів, насосів та гідромашин
Поліаміди, поліетилен, фторопласти, полівінілхлорид, поліпропілен, пентапласти	Ущільнювачі

1.3. Порядок виконання роботи

1.3.1. Ознайомлення з класифікацією, маркуванням, властивостями і сферами використання пластмас проводиться за стендами і плакатами.

1.3.2. Зовнішній огляд. Зовнішнім оглядом зразків пластмас візуально визначають колір, пористість і т. п. відповідно до табл. 1.4.

1.3.3. Визначення щільності. Щільність пластмаси визначається за формулою

$$\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{в}} \cdot M_1 / M_1 - M_2, \quad (1.1)$$

де $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – щільність води;

M_1 – маса зразка пластмаси у повітрі кг;

M_2 – маса зразка пластмаси у воді кг.

Якщо зразок має правильну геометричну форму, то для визначення щільності його масу в повітрі можна поділити на розрахований за розмірами об'єм. Щільність в цьому випадку визначають за формулою

$$\rho_n = M/V, \quad (1.2)$$

де M – маса зразка, кг;

V – об'єм зразка, м^3 .

Маса зразка визначається шляхом зважування на вагах з точністю до 0,01 г. Об'єм зразка визначається шляхом вимірювання його лінійних розмірів штангенциркулем з точністю до 0,05 мм.

1.3.4 Спалювання зразка в полум'ї спиртівки і спостереження за кольором полум'я і запахом дозволяють визначити вид пластмаси відповідно до табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Властивості пластмас для орієнтовного визначення їх виду

Найменування пластмаси та позначення	Тепло-стійкість, °С	Щільність, кг/м ³	Твердість за Брінелем, МПа	Нагрівання в полум'ї	Інші ознаки
1	2	3	4	5	6
Термопластичні пластмаси (термопласти)					
Поліетилен: - високого тиску - низького тиску (ПЕВП, ПЕНП)	110	950	22	Швидко загорається, горить синім полум'ям з оплавленням і підтіканням полімеру	Колір будь-який, мутно-прозорий і непрозорий
Поліпропілен (ПП)	100	900	63	Швидко загорається, плавиться, стікає краплями, дим має запах ревеню	-
Фторопласт-4 (Ф-4)	250	2200	40	Не горить, злегка обуглюється	Колір молочно-білий непрозорий, маслянистий
Полістирол і сополімери стиролау (ПСС, ПСВ, ПСЕ)	80	1070	150	При горінні виділяється густий чорний дим	Колір будь-який, прозорий і непрозорий
Полівінілхлорид: - вініпласт (ПВХ-1, ПВХ-2, ПВХ-Э)	80	1350	155	Важко запалюється, дим має запах хлору	Колір від світло-жовтого до темно-коричневого
Пластикат (АБС)	-	1300	-	Важко запалюється, при виведенні з полум'я гасне, запах хлористого водню і хлору	Колір будь-який, матеріал еластичний
Поліметил-метакрилат: - органічне скло (ПММА)	85	1190	230	Швидко загорається, дим має солодкуватий запах	Прозорий або пастельних тонів
Поліаміди (ПА-6, ПА-66, ПА-610)	125	1150	120	Загораються погано, горять блакитним полум'ям, дим має запах соломи	Колір від кремового до коричневого. Розчиняються в соляній кислоті
Полікарбонат: - дифлон (ПК-1)	135	1210	155	Важко запалюється, при виведенні з полум'я гасне	Прозорий, жорсткий

Продовження табл 1.4

1	2	3	4	5	6
Термореактивні пластмаси (реактопласти)					
Прес-порошки з фенопластів з деревним борошном	110	1400	300	Погано загораються, не втрачають своєї форми. Відчувається запах фенолу та формальдегіду	Колір від світло-коричневого до чорного
Прес-порошки із фенопластів з мінеральною мукою	160	1600	300		Колір від світло-коричневого до чорного
Волокніт із фенопластів	110	1400	250		Колір коричневий Неоднорідний
Фенопласти: - скловолокніт	240	1800	300		Колір червоно-жовтий, іноді неоднорідний
Гетинакс	155	1350	200		Колір коричневий . Поверхня може бути лакованою
Текстоліт	125	1700	300		Колір коричневий
Деревошаруваті пластики	150	1300	300		Колір світло-коричневий, видно рисунок
Прес-порошки амінопластів	100	1400	300	Загораються погано, іноді відчувається рибний запах	Кольори будь-які
Склопласти з епоксидної смоли	200	1800	370	Горять світлим полум'ям, при виведенні з полум'я гаснуть. Запах фенолу	Колір світло-коричневий, іноді неоднорідний
Склопласти з поліефірної смоли	200	1600	370	Горять світлим полум'ям, запах солодкуватий	Колір будь-який, видно наповнювач

1.3.5. Визначення твердості на приладі Брінеля шляхом вдавлювання кульки. На приладі для визначення твердості за Брінелем у зразок протягом 60 секунд вдавлюють кульку діаметром 10 мм при навантаженні його силою 2500 Н. Діаметр лунок на зразку визначається за допомогою лупи МБ-2. Якщо виміряти діаметр лунки (відбитка) d після вдавлювання кульки, то твердість можна розрахувати за формулою

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (1.3)$$

де P – сила вдавлювання, Н;

D – діаметр кульки, м;

d – діаметр відбитка, м.

У табл. 1.5 наведено значення твердості пластмас залежно від діаметра відбитка за цих умов, розраховані за формулою (1.3).

Таблиця 1.5 – Твердість за Брінелем залежно від діаметра відбитка (навантаження $P = 2500$ Н, діаметр кульки $D = 10$ мм)

Діаметр відбитка, мм	Твердість за Брінелем, МПа	Діаметр відбитка, мм	Твердість за Брінелем, МПа	Діаметр відбитка, мм	Твердість за Брінелем, МПа
2,00	788	3,50	252	5,00	119
2,05	749	3,55	244	5,05	116
2,10	714	3,60	237	5,10	114
2,15	681	3,65	231	5,15	112
2,20	650	3,70	224	5,20	109
2,25	621	3,75	218	5,25	107
2,30	594	3,80	212	5,30	105
2,35	568	3,85	206	5,35	103
2,40	544	3,90	201	5,40	101
2,45	522	3,95	196	5,45	98,6
2,50	501	4,00	191	5,50	96,6
2,55	488	4,05	186	5,55	94,6
2,60	463	4,10	181	5,60	92,7
2,65	445	4,15	176	5,65	91,0
2,70	429	4,20	172	5,70	89,3
2,75	413	4,25	168	5,75	87,6
2,80	398	4,30	164	5,80	85,9
2,85	384	4,35	160	5,85	84,3
2,90	370	4,40	156	5,95	81,1
2,95	355	4,45	152	6,00	79,6
3,00	346	4,50	149	6,05	78,1
3,05	334	4,55	145	6,10	76,7
3,10	323	4,60	142	6,15	75,2
3,15	312	4,65	139	6,20	73,9
3,20	303	4,70	136	6,25	72,5
3,25	293	4,75	133	6,30	71,2
3,30	284	4,80	130	6,35	70,0
3,35	275	4,85	127	6,40	68,7
3,40	267	4,90	124	6,45	67,5
3,45	259	4,95	121	6,50	66,3

1.3.6. Випробування на теплостійкість на приладі Мартенса. Цей вид випробування проводиться за стандартною методикою. За відсутності приладу Мартенса випробування проводять у термостаті, температуру якого повільно підвищують (на $50-60^{\circ}\text{C}$ за годину). Через кожні 10°C зразок виймають і намагаються зігнути його вручну. Для всіх термопластів, перелічених у табл. 1.1, поява деформації свідчить про досягнення теплостійкості. Термореактивні пластмаси при нагріванні в термостаті не змінюють форму і не стають пластичними.

1.4. Виконання роботи

1. Одержати у викладача зразки пластмас для визначення їх орієнтовного виду та провести зовнішній огляд. Відмітити їх колір, прозорість, наявність пористості, видимий наповнювач.

2. Визначити щільність відповідно до пункту 1.3.3 даних методичних вказівок.

3. Визначити твердість пластмас на приладі Брінеля. Зразок для випробувань розмістити на столі приладу і, наклеївши на нього листок чистого полірувального паперу, дією попереднього зусилля привести його до торкання з кулькою. За допомогою пускача здійснити плавне прикладення навантаження на вдавлювану кульку. Через 60 секунд зразок зняти і діаметр відбитка від вдавлюваної кульки заміряти.

Значення діаметра відбитка розрахувати як середнє арифметичне з трьох значень. Твердість розрахувати за формулою (1.3) і перевірити результат розрахунків за табл. 1.5.

4. Провести випробування зразків на теплостійкість відповідно до пункту 1.3.6. даних методичних вказівок.

5. Ідентифікувати випробовувані зразки пластмас, порівнявши одержані значення щільності, твердості, теплостійкості з довідковими даними, наведеними в табл. 1.4, для відомих видів пластмас, і заповнити таблицю результатів випробувань за формою табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Результати випробувань і розрахунків

Номер зразка	Маса зразка M , г	Об'єм зразка V , cm^3	Щільність, ρ		Сила вдавлювання P , Н	Діаметр кульки D , мм	Діаметр відбитка d , мм	Твердість HB, МПа	Теплостійкість, $^{\circ}\text{C}$	Класифікаційна характеристика
			г/см^3	кг/см^3						
1										
2										

У графі «Класифікаційна характеристика» зазначити клас пластмаси (термопласти чи реактопласти), назву пластмаси.

6. Встановити галузь застосування досліджуваних пластмас відповідно до табл. 1.3.

1.5. Контрольні питання

1. Що таке полімери?
2. Способи одержання полімерів.
3. Яку твердість мають поліпропілен, полістирол, полівінілхлорид?
4. Реакція полімеризації.
5. Реакція поліконденсації.

6. Який тип зв'язку між частинками в полімерному матеріалі?
7. Процеси кристалізації полімерів і металів.
8. Які пластмаси можна використовувати для виготовлення підшипників?
9. Якими способами можна виготовляти збірні вироби з термореактивних пластмас?
10. Який матеріал найчастіше використовується для виготовлення корпусів приладів?

Практичне заняття № 2

ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ПЛАСТМАС ПРЕСУВАННЯМ І ПРЕСЛИТТЯМ

2.1. Мета роботи

Набути практичні навички в розробленні технологічного процесу виготовлення пластмасових деталей і виконанні розрахунку розмірів деталей прес-форм.

2.2. Загальні відомості

Використання пластичних мас дозволяє заощаджувати дорогі і дефіцитні кольорові метали, підвищувати довговічність деталей, що працюють в агресивних середовищах, знижувати вагу і зменшувати трудомісткість виготовлення деталей машин. Пластмаси дозволяють одержувати значний економічний ефект. Одна тонна пластмас заміняє близько трьох тонн кольорових металів, деталі з пластмас у 10 разів дешевші бронзових і в 15 разів – бабітових.

Пластмаси широко використовують у машинобудуванні, приладобудуванні, електротехнічній та радіотехнічній промисловостях, а також в інших галузях виробництва.

Пластмаси – неметалеві матеріали, що складаються з органічних і неорганічних речовин. Вони виготовляються на основі високомолекулярних з'єднань (полімерів) – синтетичних смол або продуктів хімічної переробки природних високомолекулярних з'єднань. Зв'язуючою речовиною в пластмасах є синтетичні смоли (полімери), що визначають їх основні властивості.

Відповідно до змін у полімерних з'єднаннях, що відбуваються під час їх переробки, пластмаси поділяють на дві основні групи – термопластичні та термореактивні. Термопластичні пластмаси здатні неодноразово плавитись без зміни властивостей матеріалу в процесі декількох переробок. Пластмаси за своєю будовою називають простими, якщо вони складаються тільки зі зв'язуючих смол (полімерів) (поліетилен, капрон, фторопласт та ін.), і складними – (композиційними) за наявності в їх складі наповнювачів, пластифікаторів, барвників (текстоліт, фенопласти та ін.). Термореактивні пластмаси утворюють після першого нагрівання неплавкі, незворотні продукти, що володіють стабільністю фізико-механічних властивостей. Основою їх є фенолоформальдегідні й інші смоли.

2.3. Властивості пластмас

Пластмаси мають комплекс фізико-механічних і технологічних властивостей. Найбільш важливими властивостями пластмас є достатня міцність при незначній щільності, еластичність, стійкість до дії температур і хімічних

реагентів (кислот, лугів та ін.), корозії. Армовані волокнами пластмаси мають міцність, близьку до міцності сталей, маючи при цьому свої специфічні властивості.

Недоліками пластмас, що обмежують їх сферу застосування, є низькі теплостійкість та теплопровідність, твердість.

Технологічні властивості характеризують перероблюваність пластмас у вироби. До них належать насипна щільність, гранулометричний склад, вологість, таблетованість, текучість, швидкість твердіння, усадка й ін. Гранулометричний склад характеризує вміст частинок різних розмірів у порошкоподібних та гранульованих матеріалах і визначається

ситовим аналізом. Однорідність частинок формівної маси поліпшує сипучість, об'ємне дозування, таблетування і дає рівномірне прогрівання матеріалу під час переробки. Вологість вище норми (понад 2-4,5%) сприяє появі короблення, шорсткості і збільшенню часу витримки під час пресування деталей. Текучість характеризує здатність матеріалу при допустимих температурах і тисках протікати по каналах і заповнювати прес-форми. Зі збільшенням вмісту наповнювачів текучість зменшується. Для підвищення текучості в пластмаси додають мастила (стеарин, олеїнову кислоту та ін.). Показник текучості пластмас визначає правильний вибір оптимального режиму пресування (температура, тиск). Знижена текучість матеріалу призводить до неповного заповнення прес-форм.

Перехід полімеру у твердий, неплавкий і нерозчинний стан під впливом температури, тиску або взаємодії з деякими речовинами (каталізаторами) називають явищем **твердіння**. Швидкість твердіння залежить від природи і властивостей прес-матеріалу, технологічних факторів (глибина прогрівання, попереднє підігрівання і т.д.) і вимірюється в секундах на міліметр товщини. При зниженій швидкості твердіння збільшується витримка матеріалу під тиском, що знижує продуктивність пресування, а підвищена швидкість викликає неповне заповнення формувальної порожнини пластмасою і появу браку.

Властивість пластмас зменшуватися в розмірах під час охолодження називається **усадкою**. Усадка залежить від природи матеріалу, тиску і температури пресування і т.ін. Вона враховується під час конструювання прес-форм. Розрахункову усадку у відсотках визначають за формулою

$$\chi = \frac{d - d_1}{d} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де d – діаметр оформлювальної частини пресформи при $200 \pm 50^\circ\text{C}$, мм;

d_1 – діаметр відпресованого диска при тій самій температурі, мм.

2.4. Переробка пластмас у вироби

На вибір методу переробки впливають належність пластмаси до групи термопластичних або термореактивних, форма деталі і т.ін. Формування пластмас, як правило, проводиться з підігріванням до таких температур, при яких вони набувають необхідну для цього пластичність. У термопластів пластичність зростає з підвищенням температури і часу нагрівання, а в

реактопластів, навпаки, з підвищенням витримки при даній температурі пластичність спадає. Основними технологічними параметрами, що характеризують процес одержання деталей з пластмас є температура, тиск і час. Тривалість процесу виготовлення залежить від часу розігрівання матеріалів до пластичного стану, часу формування і часу твердіння деталі. Термореактивні пластмаси переробляють у деталі пресуванням, а іноді методом екструзії або литтям.

Для одержання деталей з термореактивних пластмас пресуванням використовуються прес-матеріали. Прес-матеріали є наповненими пластмасами, що складаються з термореактивних смол (зв'язуюче), наповнювачів, отверджувачів, мастил і барвників. До прес-матеріалів належать фенопласти, амінопласти, прес-композиції на основі кремнієорганічних і поліефірних смол. Наповнювачі додаються до прес-матеріалів (до 60%) з метою підвищення міцності, надання спеціальних властивостей і зниження вартості. Наповнювачі використовують у вигляді порошку (деревне борошно, тальк, каолін, графіт та ін.), крихти (деревна, текстолітова, азбестова, слюда та ін.), волокон (бавовняні і лляні очоси, скловолокно та ін.) або шаруватими (бавовняна, азбестова тканина, папір та ін.).

Отверджувачі – речовини, що додаються в прес-композицію (1-3%), роблять вулканізуючу дію, сприяючи твердінню.

Мастила (олеїнова і стеаринова кислоти, стеарат кальцію) додають в прес-композицію в кількості 1-2% для зменшення тертя матеріалу об прес-форму і прилипання його до деталей прес-форм, а барвники – окисли металів (кадмію, хрому, цинку, титану, свинцю) – для надання певного кольору деталі. Барвники вводяться до рідкої прес-композиції під час переробки або виготовлення.

Прес-матеріали випускаються у вигляді прес-порошків, прес-крихти, кускових і листових пластмас, прес-матеріалів з шаровим наповнювачем (тканина, папір та інші, насичені смолами матеріали). Під час зберігання прес-матеріали потрібно оберігати від вологи і забруднення, не допускати злежування під вагою і довготривалого зберігання. Температура під час зберігання матеріалів не повинна перевищувати 15-20°C. Фенольні порошки, амінопласти, волокніти та інші піддають таблетуванню. Таблетки вміщують точну дозу матеріалу, що спрощує операцію дозування і завантаження прес-форми, дозволяє зменшити об'єм завантажувальних камер прес-форм і одержувати більш якісні деталі.

2.5. Обладнання та інструменти

Обладнанням для переробки реактопластів є таблеточні машини, генератори струмів високої частоти для підігрівання прес-матеріалів і преси. Для пресування термореактивних прес-матеріалів використовують ручні гвинтові (зусиллям до 5 т) або гідравлічні преси зусиллям до 200 т.

Потрібне зусилля пресування $P_{з.пр.}$ визначається за формулою

$$P_{з.пр.} = \frac{n \cdot F \cdot P_{пр.} \cdot k}{1000}, \quad (2.2)$$

де n – число одночасно пресованих деталей;

F – площа пресування (площа завантажувальної камери прес-форми), см^2 ;

$P_{\text{пр.}}$ – питомий тиск пресування, кГ/см^2 ;

k – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя, $k = 1,2$.

Пресування і преслиття реактопластів здійснюється в прес-формах. Прес-форми бувають зйомні і стаціонарні, для прямого пресування і преслиття, одногніздові і багатогніздові, відкриті, напівзакриті, закриті та ін. На рис. 2.1 показані схеми прес-форм різної конструкції. Ливарні прес-форми дозволяють одержувати вироби більш складної форми. Точність розмірів деталі з пластмас залежить від точності виготовлення прес-форм, ступеня їх зносу, стабільності технологічних режимів формування і коливання усадки матеріалу в процесі твердіння. Для оцінки точності пластмасових деталей розроблена спеціальна система допусків і посадок (ГОСТ 11710). Як правило, точність пластмасових деталей знаходиться в межах IT5-IT6, а для невідповідальних розмірів – IT8-IT9 квалітетів.

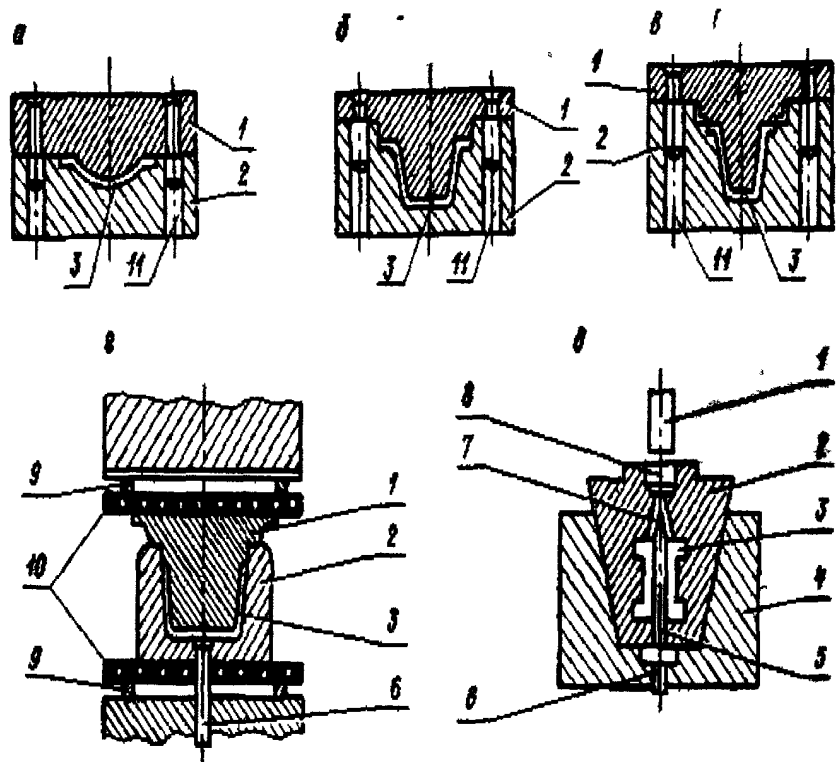


Рисунок 2.1– Основні конструкції прес-форм для пресування пластмас:
а – відкрита; б – поршнева; в – з перетіканням; г – стаціонарна; д – ливарна;
1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – деталь; 4 – обойма; 5 – штир; 6 – виштовхувач;
7 – ливниковий канал; 8 – завантажувальна камера; 9 – болти кріплення;
10 – нагрівальні плити; 11 – направляючі втулки

Формоутворювальні деталі прес-форм виготовляють, як правило, за IT8 квалітетів для пластмасових виробів з допусками за IT10-IT11 квалітетів. Розміри формоутворювальних деталей прес-форм (матриці, пуансони) задаються з урахуванням усадки прес-матеріалу. Оскільки матриця і пуансон прес-форми повинні мати нахил, спрямований у бік знімання виробу, то при

визначенні виконуючих розмірів необхідно робити розрахунок двох розмірів отвору або вала (максимального і мінімального) (рис. 2.2).

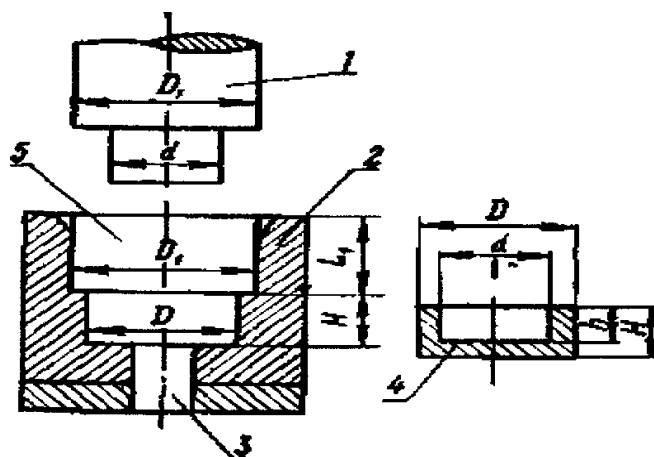


Рисунок 2.2 – Схема пресування у прес-формі:
1 – пуансон; 2 – матриця; 3 – виштовхувач;
4 – виріб; 5 – завантажувальна камера

Максимальний діаметр матриці (охоплюючого елемента) прес-форми визначається за формулою

$$D_{\max} = \left(D + 0,8 \frac{D \cdot \beta}{100} - 0,02 - x \right)^{+x}, \quad (2.2)$$

де D – номінальний діаметр матриці, мм;

β – мінімальна усадка прес-матеріалу, %;

0,02 – допуск на зношування формувальних поверхонь, мм;

x – допуск на неточність виготовлення прес-форм (відповідно до класу точності виготовлення), мм.

Мінімальний діаметр матриці розраховується за формулою

$$D_{\min} = \left(D - 0,8\Delta - 0,02 + \frac{D \cdot \beta_1}{110} \right)^{+x}, \quad (2.3)$$

де D – номінальний діаметр матриці, мм;

β_1 – максимальна усадка прес-матеріалу, %;

Δ – допуск на деталь, мм;

x – допуск на неточність виготовлення прес-форми, мм.

Розміри охоплюваних елементів (пуансона) розраховуються за формулами:

– максимальний розрахунковий діаметр

$$d_{\max} = \left(d + \Delta + \frac{d \cdot \beta}{100} \right)_{-x} \quad (2.4)$$

де d – номінальний діаметр вала (пуансона), мм;

Δ – допуск на деталь, мм;

β – мінімальна усадка прес-матеріалу, %;

x – допуск на неточність виготовлення прес-форми, мм;

– мінімальний розрахунковий діаметр

$$d_{\min} = \left(d + \frac{d \cdot \beta_1}{100} + 0,02 + x \right)_{-x}, \quad (2.5)$$

де d – номінальний діаметр вала, мм;

β_1 – максимальна усадка прес-матеріалу, %;

0,02 – допуск на зношування формувальних поверхонь, мм;

x – допуск на неточність виготовлення прес-форми, мм.

Отримані розміри необхідно округляти до сотих часток міліметра: для матриці – у бік зменшення, для пуансона – у бік збільшення.

Висота H_m формувальної порожнини матриці знаходиться за формулою

$$H_m = \left(H + \frac{H \cdot \beta}{100} - x - 0,02 - c \right)^{+x}, \quad (2.6)$$

де H – номінальний розмір деталі, мм;

β – мінімальна усадка прес-матеріалу, %;

x – допуск на неточність виготовлення прес-форми, мм;

0,02 – допуск на зношування формувальних поверхонь, мм;

c – товщина облою, $c = 0,15 \dots 0,20$ мм.

Приклад розрахунку. Розміри формоутворювальних деталей прес-форми, виготовленої за третім класом точності для формування пластмасової деталі номінального діаметра 60h12 з отвором діаметра 50H12 і висотою 30 мм з матеріалу з усадкою $\beta = (0,6 - 1)\%$ будуть:

$$D_{\max} = \left(60 + 0,8 \frac{60 \cdot 0,6}{100} - 0,02 - 0,06 \right)^{+0,06} = 60,36^{+0,06}; \quad (2.7)$$

$$D_{\min} = \left(60 - 0,8 \cdot 0,4 - 0,02 + \frac{60 \cdot 1}{100} \right)^{+0,06} = 60,26^{+0,06}; \quad (2.8)$$

$$d_{\max} = \left(50 + 0,34 + \frac{50 \cdot 0,6}{100} \right)_{-0,050} = 50,64_{-0,05}; \quad (2.9)$$

$$d_{\min} = \left(50 + \frac{50 \cdot 1}{100} + 0,02 + 0,05 \right)_{-0,050} = 50,57_{-0,05}; \quad (2.10)$$

$$H_m = \left(30 + \frac{30 \cdot 0,6}{100} - 0,045 - 0,02 \right)^{+0,045} = 29,91^{+0,045}. \quad (2.11)$$

Об'єм засипного матеріалу розраховується за формулою

$$V_m = m \cdot \nu, \quad (2.12)$$

де m – маса деталі, кг;

ν – питомий об'єм прес-матеріалу, м³/кг.

2.6. Пресування пластмас

Процес пресування складається з попереднього підігрівання, дозування і засипання прес-матеріалу в прес-форму, пресування, витримки під тиском, розпресування виробу й очищення прес-форми. Попереднє підігрівання прес-матеріалу перед завантаженням у прес-форму скорочує тривалість циклу пресування, знижує питомий тиск пресування, поліпшує зовнішній вигляд і фізико-механічні властивості виробу. Попереднє підігрівання повинно проводитись в найкоротший проміжок часу, а прес-матеріал повинен рівномірно прогріватися по всій товщині. Для попереднього підігрівання використовуються генератори високої частоти, електротермошафи опору та індукційні, а також апарати з використанням гарячого повітря і т.ін. Найбільш ефективним способом є підігрівання струмами високої частоти.

Дозування прес-матеріалу може бути ваговим (для волокніту, текстолітової крихти), об'ємним (для прес-порошків) і штучним (для таблеток). Для об'ємного дозування використовуються мірники з рухомим дном. Після завантаження прес-матеріалу в прес-форму вмикають прес. Спочатку повзун преса рухається швидко, а перед замиканням прес-форми повільно.

Підпресовка – операція короткочасного розмикання і змикання прес-форми для випуску газів під час пресування. Підпресовка розпочинається відразу ж після змикання прес-форми під час пресування попередньо підігрітих прес-матеріалів і тонкостінних виробів. Підпресовка неприпустима під час виготовлення деталей з арматурою і таких, що мають складну форму для запобігання порушення правильного спряження деталей.

Витримка під тиском розпочинається з моменту змикання прес-форми і триває від 15 секунд до однієї і більше хвилин на 1 мм товщини виробу (враховуючи час підпресовки). Час витримки залежить також від типу прес-матеріалу, застосування попереднього підігрівання і т.п.

Розпресовка виконується після закінчення часу витримки. Під час рознімання прес-форми швидкість повзуна пресу для запобігання пошкодження виробу повинна бути сповільненою. При подальшому русі повзуна преса нагору автоматично спрацьовують виштовхувачі. Після видалення виробу прес-форма вичищається стиснутим повітрям, матеріал, що прилип, видаляється

латунними шпильками, змащується олеїноюю кислотою, мильним розчином, парафіновим маслом або іншими мастилами.

2.7. Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову прес-форми.

2. Відповідно до варіанта індивідуального завдання (табл.2.1) виконати розрахунок робочих розмірів оформляючих частин прес-форми для виготовлення деталей з термореактивної пластмаси за п'ятим класом точності.

Таблиця 2.1 – Індивідуальні завдання

Номер варіанта	Прес-матеріал (марка)	Номінальні розміри, мм			
		D	d	H	h
1	2	3	4	5	6
1	К-15-2	50	42	40	36
2	К-118-2	60	50	30	25
3	К-15-2	70	60	50	45
4	К-21-22	40	32	30	26
5	Моноліт	40	30	25	20
6	Моноліт	50	40	30	35
7	Моноліт	50	42	40	36
8	К-220-23	60	54	30	27
9	К-21-22	70	60	50	45
10	Волокніт	50	42	40	36
11	К-3	60	50	30	25
12	Кф-3	70	60	50	45
13	К-3	50	42	40	36
14	Амінопласт	60	52	30	26
15	Амінопласт	50	40	30	25
16	К-118-2	70	60	30	25
17	К-15-2	60	50	30	25
18	К-21-22	50	42	40	36
19	Моноліт	60	52	30	26
20	Моноліт	70	60	50	45
21	К-220-23	60	50	30	25
22	Кф-3	70	60	30	25
23	Амінопласт	70	60	50	45
Примітка. $D1 = D + (10 + 12)$ мм					

3. Підібрати режим пресування і визначити об'єм прес-матеріалу, що завантажується до прес-форми. Властивості і режим пресування пластмас зазначені в табл. 2.2.

4. Нагріти прес-матеріал у сушильній шафі при потрібній температурі.

5. Очистити прес-форму, зібрати її і на початку роботи підігріти до температури 170-180°C.

6. Провести дозування прес-матеріалу і завантажити його в порожнину прес-форми.

Таблиця 2.2 – Технологічні властивості та режим пресування прес-матеріалів

Прес-матеріал	Щільність, г/см ³	Питомий об'єм, см/г	Попереднє підігрівання		Температура пресування, °С		Питомий тиск пресування, кг/см ²	Усадка, %	Витримка на 1 мм товщини виробу, хв.	
			°С	час, хв.	без підігріву	з підігрівом			без підігріву	з підігрівом
Фенопласти (ГОСТ 5989). Прес-порошки загального призначення, марки: К-8-2; К-15-2; К-17-2; К-19-2; К-118-2	1,3 – 1,4	2,2	170-190	3-6	150-160	175-185	250-350	0,6-1	1-1,5	0,8-1
Моноліти 1, 2, 3, 5	1,5	2,5	150	3-10	»	180-190	»	0,6-1	1-1,5	»
Електроізоляційні прес-порошки, марки: К-21-22; К-220-23	1,4	2,8	160	6-12	155-165	170-180	250-350	0,6-1	1-1,5	1-1,2
Фрикційні прес-матеріали (ТУ № П 37), марки: К-3; Кф-3	1,7-1,95	1,8	110-130	3 - 4	175-185	185-195	400-500	0,3	1-1,5	1,5
Карбомідний прес-матеріал. Амінопласт (А і Б)	1,35-1,55	3,5	0-90	20-30	135-150	150-170	250-350	0,6-1	1-1,5	0,4-0,6
Волокніт К-138-А (ТУ № П 44)	1,8-1,9	2,5-12	»	»	185-195	»	300	0,4-0,5	3	»

7. Встановити прес-форму під прес і витримати певний час при заданих температурі і тиску (відповідно до режиму пресування для даного прес-матеріалу).

8. Вийняти прес-форму з-під преса і вилучити деталь.

9. Порівняти розміри отриманої деталі з номінальним.

Таблиця 2.3 – Технологічний процес виготовлення

Назва прес-матеріалу	Об'єм прес-матеріалу, см ³	Питомий тиск пресування, кг/см ²	Режим пресування				Розміри деталі, мм
			температура підігріву, °С	час підігріву, хв.	тиск пресування, тонн	час витримки, хв.	

2.8. Контрольні питання

1. Переваги застосування пластичних мас у машинобудуванні.
2. Основні групи пластмас.
3. Фізико-механічних властивостей пластмас та їх недоліки.
4. Технологічні характеристики пластмас.

5. Твердіння пластмас, від яких факторів залежить швидкість твердіння?
6. Усадка пластмас, як її розраховують?
7. Які матеріали використовують для одержання виробів з термореактивних пластмас?
8. З якою метою до прес-матеріалів додаються наповнювачі?
9. З якою метою до прес-матеріалів додають мастила?
10. Що таке підпресовка?
11. Назвіть обладнання для переробки термопластів у вироби.
12. Основні технологічні вимоги до прес-форм для пресування пластмас.
13. Опишіть процес пресування пластмас з прес-порошків.
14. Яким чином вибирається режим пресування та об'єм завантаженого до прес-форми матеріалу?

Практичне заняття № 3

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ТА ТЕРМОРЕАКТИВНИХ ПЛАСТМАС

3.1. Мета роботи

Провести порівняльні дослідження структури, фізико-механічних властивостей термопластичних та термореактивних пластмас і проаналізувати технології виготовлення з них деталей.

3.2. Загальні відомості

Пластмаси широко застосовуються в різних галузях техніки (авіації, автомобілебудуванні, суднобудуванні). Практика вітчизняного і закордонного машинобудування показала доцільність використання вказаних матеріалів замість кольорових і чорних металів та сплавів.

Основа цих матеріалів – полімери. Поряд із безпосередньо полімерами часто використовують їх композиції з різними інгредієнтами – пластмаси. За складом пластмаси поділяють на прості (без наповнювачів) і складні (з наповнювачами).

Прості пластмаси складаються тільки із зв'язуючої речовини – одного високомолекулярного з'єднання (полімеру).

Складні пластмаси містять декілька інгредієнтів (ГОСТ 24888-81). Інгредієнти вводять для покращення властивостей або для полегшення переробки пластмас. До основних інгредієнтів відносяться: наповнювачі, пластифікатори, стабілізатори, антистатики, агенти, що зшивають молекули полімеру в сітку, барвники та речовини, що змашують, прискорюють твердіння, поліпшують антифрикційні або фрикційні властивості. Так, наприклад, стабілізатори підвищують стійкість пластмас до впливу різних факторів (світла, теплоти), що сприяють розпаду полімеру. Пластифікатори поліпшують технологічні й експлуатаційні властивості полімерів. Наповнювачі вводять для підвищення міцності, твердості, в'язкості, хімічної стійкості і поліпшення інших властивостей полімерів.

В залежності від наповнювача термореактивні пластмаси підрозділяють на порошкові (прес-порошки), волокнисті і шаруваті.

Як наповнювачі в прес-порошках застосовують органічні (деревне борошно) і мінеральні (мелений кварц, азбест, слюда, графіт) порошки. Порошкові наповнювачі додають пластмасі твердості, водостійкості, хімічної стійкості.

Недоліками пластмас з порошковими наповнювачами є невисокі міцність і ударна в'язкість.

До пластмас з волокнистими наповнювачами відносяться волокнити. Волокнити це композиція з волокнистого наповнювача у вигляді волокон, просочених зв'язуючою речовиною. У порівнянні з прес-порошками вони мають вищу ударну в'язкість. Волокнити застосовують для виготовлення

деталей, що працюють на згинання і скручування (рукоятки, фланці, втулки, шківни, маховики).

3.2.1. Основні властивості термопластичних пластмас (термопластів)

Термопластичні пластмаси – матеріали на основі полімерів з лінійною або розгалуженою структурою молекул. Для одержання конструкційних термопластів, як зв'язуючу речовину найбільш часто застосовують: полівінілхлорид, поліолефіни, поліаміди, фторопласт, поліуретан.

Термопластичні пластмаси у порівнянні з традиційними конструкційними матеріалами мають: меншу густину, $(0,9-2,2)10^3$, кг/м³; вищу хімічну стійкість; кращі показники фрикційних або антифрикційних властивостей; вищу здатність гасити динамічні коливання при знакозмінних навантаженнях.

Разом з цими істотними перевагами термопластичні пластмаси мають недоліки, які стримують їх застосування в промисловості. Так, більшість уже до 100°C мають низьку теплопровідність. При експлуатації деталей з термопластичних пластмас внаслідок розігрівання прискорюються процеси старіння, які призводять до зниження їх експлуатаційних характеристик.

Більш детально фізико-хімічні характеристики, переваги та недоліки основних конструкційних термопластів і приклади їх застосування наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні характеристики, переваги, недоліки і призначення конструкційних термопластів

Назва термопласта	Фізико-хімічні характеристики	Основні властивості	Недоліки	Призначення
1	2	3	4	5
Поліетилен високого тиску (ПЕВТ)	$(-CH_2-CH_2-)_n$ Ступень кристалічності 55-65 %, густина $(0,913-0,929)10^3$, кг/м ³	Нерозчинний у воді, ацетоні, спирті, хімічностійкий, морозостійкий до – 70 °C	Схильний до старіння	Не силові деталі, деталі хімічної апаратури
Поліетилен низького тиску (ПЕНТ)	$(-CH_2-CH_2-)_n$ Ступень кристалічності 74-95%, густина $(0,949-0,953)10^3$, кг/м ³	Має більш високі показники міцності та теплостійкості ніж ПЕВТ		Конструкційні деталі насосів, труби
Поліпропілен	$(-CH_2-CHCH_3-)_n$ густина $(0,90-0,91)10^3$, кг/м ³	Порівняно з поліетиленом має більш високі показники міцності та теплостійкості (до 150°C). Не розчиняється у воді, в органічних розчинниках, стійкий до дії кип'лячої води і лугів	Низькі: термостійкість, світлостійкість, морозостійкість (до –20 °C)	Конструкційні деталі автомобілів, корпуси насосів, труби

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5
Полістирол	$(-\text{CH}_2-\text{CHC}_6\text{H}_5-)_n$ аморфний полімер, густина $(1,05-1,08)10^3$, кг/м^3	Стійкий у лугах і кислотах, із розглянутих полімерів найбільш стійкий до дії іонізуючих випромінювань	Схильний до утворення тріщин, невисокі міцність і теплостійкість	Ручки, корпуси, ємності для хімікатів
АБС- пластики	Сополімери полістирола	Відрізняються високою міцністю та світлотепло- стабільністю		Деталі автомобілів, човнів, труби
Поліаміди (капрон, ней- лон, амід)	До складу макромолекул входять $(-\text{NH}-$ $\text{CO}-)$ $(-\text{CH}_2-)$, може кристалі- зуватись, густина $(1,13-$ $1,14)10^3$, кг/м^3	Має низький коефіцієнт тертя $(0,05)$, тривалий час може працювати на стирання, ударо- міцний, здатний поглинати вібрації, стійкий до лугів	Схильний до водопоглинання і старіння	Шестерні, втулки, підшип- ники, болти, гайки, шківки
Поліуретан	$(-\text{NH}-\text{COO}-)_n$	Має високу гнучкість, еластичність, атмосферостійкість, морозостійкість (до $-70\text{ }^\circ\text{C}$)	Невисока стій- кість до термічної і термоокис- лювальної деструкції	Волокна, плівки, герметики
Фторопласт-4 (політетра- фторетилен)	$(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ аморфнополікри- сталічний полімер, густина $(2,0-2,2)10^3$, кг/м^3	Висока хімічна стійкість в кислотах, лугах, окислювачах, високі антифрикційні властивості	Холодотекучий	Труби, прокладки, мембрани, манжети
Органічне скло (поліме- тилметакрилат)	Аморфний полімер, густина $(2,10-$ $2,30)10^3$, кг/м^3	Стійкий до дії кислот, лугів, вуглеводних палив та мастильних матеріалів	Невисока поверхнева твердість	Кришки, резервуари, труби, деталі арматури
Поліхлорвініл (ПВХ)	$(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ аморфний полімер, густина $1,43 \cdot 10^3$, кг/м^3	Хімічно стійкий, не підтримує горіння, атмосферостійкий	Низька тривала міцність, великий коефіцієнт тер- мічного розширення, крихкий при низьких температурах	Труби, тепло- обмінники, деталі венти- ляційних установок

1	2	3	4	5
Поліформа- льдегід	(-CH ₂ -O-)n Ступінь кристалічності 75 %, густина (1,40-1,42)10 ³ , кг/м ³	Має високу твердість, жорсткість, пружність. Стійкий в мінеральних маслах і бензині		Шестерні, під- шипники, кла- пани, деталі автомобілів

3.2.2. Механічні властивості термопластів

Границя міцності термопластів складає 10-100 МПа, модуль пружності знаходиться в межах (1,8-3,5)·10³ МПа. Це у 10-100 разів нижче, ніж у металів і кераміки. Границя витривалості термопластів становить 0,2-0,3 від границі міцності.

Під навантаженням термопластичні полімери поведуться як в'язкопружні речовини, а їх деформація є сумою пружної деформації, високоеластичної деформації і деформації в'язкого плину. Співвідношення між вказаними складовими частинами деформації непостійні і залежать як від структури, так і від параметрів деформування: швидкості та температури, які визначають стан полімеру. Наприклад, термопласти при розтягуванні, як правило, сильно подовжуються. При розриві їх залишкова деформація складає десятки і навіть сотні відсотків. При нагріванні міцність термопластичних пластмас зменшується, вони стають більш в'язкими і схильними до повзучості. При тривалій дії навантаження міцність пластмас знижується і з'являється залишкова деформація. При збільшенні швидкості деформування підвищується твердість пластмас і зростає їх схильність до крихкого руйнування. Механічні властивості конструкційних термопластів наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Механічні властивості конструкційних термопластів

Термопласт	σ, МПа	δ, %	Ударна в'язкість a_k , кДж/м ² (ГОСТ 4647-80)	$t_{\max}$ експлуатації, °С (без навантаження)
Поліетилен (ПЕВТ)	10-18	300-1000	не зруйнувався	105
Поліетилен (ПЕНТ)	18-32	100-600	не зруйнувався	120
Поліпропілен	26-38	700-800	33-80	150
Полістирол	40-60	3-4	10-22	90
АБС (Ацетобутиратотирол)	30-35	15-30	8-40	75-85
Капрон (поліамід)	75-85	50-130	8-125	80-100
Капрон + 30% волокон	100-125	3	12	100-130
Фторопласт-4	20-40	250-500	100	250
Поліметілметакрилат (органічне скло)	63-100	2,5 - 20	8-18	60
Поліхлорвініл (жорсткий)	50-65	20-50	70-80	65-85
Полівінілхлорид (пластифікований)	10-40	50-350	не зруйнувався	50-55

3.2.3. Основні властивості термореактивних пластмас (реактопластів)

Більш надійними ніж термопласти є термореактивні пластмаси. Термореактивні полімери застосовуються після твердіння, що обумовлене утворенням сітчастої структури з високою щільністю поперечних хімічних міцних зв'язків між макромолекулами. При цьому вони стають твердими, неплавкими і стійкими до старіння.

Перевагою реактопластів порівняно з термопластами є стабільність та мала залежність механічних властивостей від температури, швидкості деформування і тривалості дії навантаження, але при випробуваннях на розтяг зразки термореактивних матеріалів руйнуються без пластичного плину й утворення шийки.

При нагріванні відбувається зниження міцності і твердості реактопластів, однак у робочому інтервалі температур вони мають кращі механічні властивості, навантажувальну здатність, ніж термопласти. Важливими перевагами термореактивних пластмас є висока питома міцність, жорсткість, а також вища, ніж у термопластів, твердість. Допустимі напруження для термореактивних пластмас складають 15-40 МПа, що істотно вище, ніж для термопластів. Однак більшість термореактивних полімерів після твердіння має низьку ударну в'язкість.

До найважливіших термореактивних полімерів відносяться фенолформальдегідні, епоксидні, поліефірні і кремнійорганічні речовини.

Відомі фенопласти на основі резольних і новолачних фенолформальдегідних полімерів. Резольні полімери забезпечують більш високу хімічну стійкість і водостійкість; однак, вони гірші новолачних за технологічними властивостями.

Фенопласти зносостійкі, добре чинять опір повзучості при температурах до 200⁰С, стійкі в агресивних розчинах, паливі, змащувальних матеріалах. З фенопластів виготовляють кнопки, ручки, контейнери, електроарматуру.

Амінопласти близькі за властивостями до фенопластів, але вони менш технологічні.

Композиції на основі епоксидних смол застосовують у машинобудуванні для виготовлення різного інструментального оснащення, витяжних і формувальних пристосувань, ливарних моделей і іншого оснащення. Епоксидні та поліефірні смоли можуть твердіти при кімнатній температурі з малою усадкою.

Фізико-механічні властивості реактопластів наведено в табл. 3.3.

В азбоволокнитах як наповнювач застосовується азбестове волокно, як зв'язуюче використовують, в основному, фенолформальдегідну смолу. Азбоволокнити мають підвищену теплостійкість (понад 200⁰С), високі фрикційні властивості, стійкі до дії кислот. Азбоволокнити використовують як матеріал для виготовлення деталей гальмових пристроїв. З матеріалу фаоліна (різновид азбоволокнитів) виготовляють кислототривкі ванни, труби і інші деталі.

Таблиця 3.3 – Фізико-механічні властивості термореактивних пластмас

Назва пластмаси	$\rho \cdot 10^3$, кг/м ³	$t_{\max}$ експлуатації, °C	Границя міцності, МПа			δ , %	Ударна в'язкість, кДж/м ²	E, МПа 10^3	НВ, МПа
			При розтягненні	при стисканні	при згинанні				
Порошкові	1,4-1,5	100-110	30	50-150	60	0,3-0,7	4-6	6300-8000	300-400
Волокнит	1,3-1,4	110	30-60	80-150	50-80	1-3	9-10	8500	250-270
Азбоволокнит	1,9-2,1	200	-	110	70	4-3	20	18000	300
Скловолокнит	1,7-1,9	280	80-500	130	120-250	1-3	25-150	-	-
Гетинакс	1,3-1,4	150	80-100	160-290	80-100	1-3	12-25	10000	-
Текстоліт	1,4-1,5	125	65-100	120-150	120-160	1-3	30	5000-1000	-
Азботекстоліт	1,6-1,7	190	55	-	-	-	20-25	20000	185-300
ДШП	1,35-1,45	140-200	180-300	100-180	140-280	-	80-90	18000-30000	-

Шаруватими пластмасами називають пластмаси, в яких листи наповнювача зв'язані полімером у монолітний матеріал. Листові наповнювачі, покладені шарами, надають пластику анізотропність. Матеріали випускають у вигляді листів, плит, труб.

Гетинакс одержують на основі модифікованих фенольних, аніліноформальдегідних, карбамідних смол і різних сортів паперу. Гетинакс можна застосовувати при температурі 120-140°C. Він стійкий до дії хімікатів. Гетинакс застосовується як електроізоляційний матеріал. Його основні фізико-механічні властивості наведено у табл. 3.3.

Текстоліт (зв'язуюча речовина – термореактивні смоли, наповнювач – бавовняні тканини) серед шаруватих пластмас має найбільшу здатність поглинати вібраційні навантаження. Його використовують для різноманітних середньонавантажених деталей, що працюють в умовах тертя (зубчасті колеса, підшипники). Такі передачі працюють безшумно при частоті обертання до 30000 обертів за хвилину. Текстолітові вкладиші підшипників служать у 10-15 разів довше бронзових. Але використовувати текстолітові підшипники можна тільки при температурах не вище 80-90 °C. Такі підшипники застосовуються в прокатних станах, відцентрових насосах, турбінах.

Деревошаруваті пластмаси (ДШП) складаються з тонких листів дерев'яного шпону, просочених феноло- або креозольноформальдегідними смолами і спресованими у вигляді листів або плит.

ДШП мають високі фізико-механічні властивості, низький коефіцієнт тертя. Їх недоліком є чутливість до вологи. З ДШП виготовляють шків, втулки, корпуси насосів, підшипники, деталі автомобілів.

Азботекстоліт містить 38-43 % зв'язуючого, а інше – азбестова тканина. Азботекстоліт є конструкційним фрикційним матеріалом.

Найбільш високу теплостійкість (300⁰С) має матеріал на кремній-органічній зв'язуючій речовині. Фенольні азбопластики мають високі характеристики міцності. З азботекстоліта виготовляють лопатки ротаційних бензонасосів, фрикційні диски, гальмівні колодки.

3.2.4. Технологія виготовлення деталей з термопластів

Найбільш продуктивний і прогресивний метод переробки пластмас – лиття під тиском. За цим методом виготовляють деталі складної конфігурації з термопластів і рідше з реактопластів, які, перебуваючи у в'язкорідкому стані, заповнюють робочу порожнину прес-форми і тверднуть там під тиском. Полімерну суміш 8 (рис. 3.1) у вигляді гранул або порошку подають із бункера 9 плунжером 7 дозатора і привідним циліндром 10 в робочий циліндр 12, оснащений електронагрівачем 6. Під час руху плунжера 13 уліво за допомогою циліндра 11 доза суміші потрапляє в зону нагрівання робочого циліндра, де переходить у в'язкорідкий стан. Водночас вже розплавлена суміш подається в порожнину прес-форми крізь сопло 5. Протягом короткої витримки зв'язуюча речовина суміші твердне завдяки охолодженню прес-форми водою. Тоді рухома половина 2 прес-форми відходить уліво, деталь 3 викидається виштовхувачем 1, після чого прес-форма закривається. Відтак плунжери 13 і 7 пересуваються вправо і технологічний цикл повторюється. Завдяки нагріванню полімерної суміші до температур 150-300⁰С і значному тиску добре заповнюється порожнина прес-форми, тому деталі формуються з високою якістю поверхні та точними розмірами.

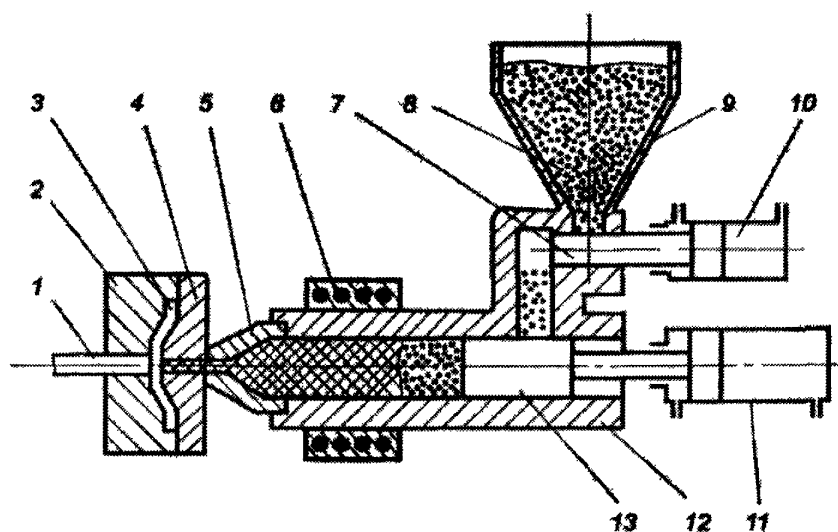


Рисунок 3.1 – Схема лиття під тиском:

- 1 – виштовхувач; 2 – рухома половина прес-форми; 3 – деталь;
- 4 – нерухома половина прес-форми; 5 – сопло; 6 – електронагрівач;
- 7, 13 – плунжер; 8 – полімерна суміш; 9 – бункер;
- 10, 11 – привідний циліндр; 12 – робочий циліндр

Основні параметри, від яких залежить якість відливої деталі – це температура розплаву, температура прес-форми, тиск інжекції і тривалість витримки під тиском.

Температура розплаву визначає його в'язкість, щільність і частково структуру. Занадто висока температура може привести до деструкції полімеру. У таблиці 3.4 наведені режими лиття термопластів.

Таблиця 3.4 – Режими лиття під тиском деталей із термопластів

Найменування матеріалу	Режим лиття		
	Температура вилівка, °C	Тиск впорскування, МПа	Температура прес-форми, °C
Полістирол	170-250	60-100	40-60
Поліетилен ВТ	200-270	90-100	50-70
Поліетилен НТ	200-270	90-100	50-70
Поліпропілен	200-270	120-170	30-90
Поліаміди	225-270	70-170	60-120

Для зняття внутрішніх напружень і вирівнювання структури відлиті деталі піддають термообробці за режимами, наведеними у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Режими термообробки деталей із термопластів

Найменування матеріалу	Середовище для нагрівання	Температура нагрівання, °C	Тривалість витримки, хв.	Середовище для охолодження
Поліетилен	Вода	70-80	2 хв. на 1 мм товщини	На повітрі
Поліпропілен	Кремній органічна рідина	130	—	У воді
Полістирол	Вода	70-80	4-5 хв. на 1 мм	На повітрі
Поліаміди	Мінеральне масло	180-190	10-15 хв. на 1 мм	В маслі

Екструзія – це поширений і високопродуктивний спосіб витискання полімерного матеріалу (переважно термопласту) у в'язкорідкому стані крізь отвір, що відповідає поперечному перерізу виробу.

Плівку з полівінілхлориду і листа з ряду термопластів одержують методом екструзії. При цьому в'язкий розплав термопласта подається шнеком у матрицю, де продавлюється через її профільний отвір.

Екструзією виробляють фасонні прутки з однаковою формою поперечного перерізу по всій довжині, а також труби, листи; наносять ізоляцію на електропровідний дріт (рис. 3.2).

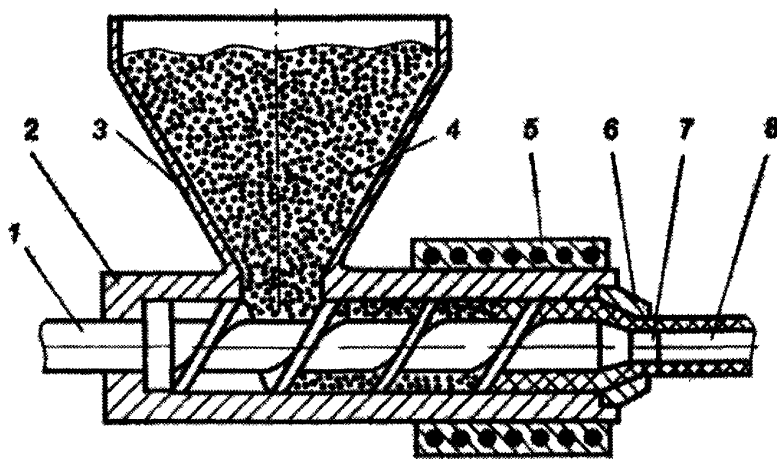


Рисунок 3.2 – Схема екструзії:

- 1 – шнек; 2 – робочий циліндр; 3 – бункер;
4 – полімерний матеріал; 5 – електронагрівач;
6 – головка; 7 – оправка; 8 – виріб

Полімерний матеріал 4 (рис.3.2) у вигляді гранул або порошку завантажують у бункер 3 шнекової машини безперервної дії – екструдера. Бункер сполучений з порожниною робочого циліндра 2, в якому обертається шнек 1. Шнек пересуває полімерний матеріал вздовж осі циліндра, переміщує його і ущільнює. Завдяки теплоті, що передається від електронагрівача 5 і теплоті, що виникає внаслідок тертя, полімер переходить у в'язкорідкий стан і витискається назовні крізь калібрувальний отвір головки 6. Оправка 7 формує отвір виробу 8. Далі виріб охолоджують у водяній ванні і ріжуть на заготовки заданої довжини або змотують у бухти. Щоб змінити профіль виробу, необхідно замінити головку й оправку.

3.2.5. Технологія виготовлення деталей з реактопластів

Найбільш розповсюдженим методом виготовлення деталей з реактопластів є пресування. Процес складається з наступних операцій:

- завантаження прес-композиції у прес-форму;
- одержання в'язкоплинного стану композиції;
- надання виробу необхідної форми пресуванням;
- фіксація форми деталі завдяки утворенню зшитої структури матеріалу під дією тиску пресування і температури;
- охолодження деталі.

Гаряче пресування термореактивних пластмас застосовується для виготовлення деталей простої форми з обмеженою кількістю арматури або без неї.

Прес-матеріал 1 у вигляді таблеток або порошку завантажуються безпосередньо в формоутворювальну порожнину гарячої прес-форми 2, після чого піддається тиску преса 3 (рис. 3.3).

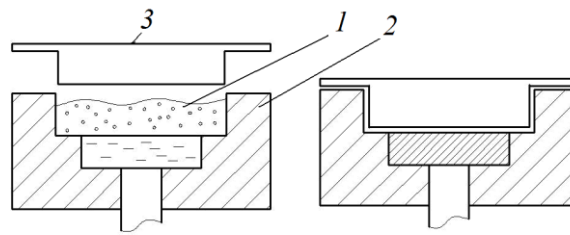


Рисунок 3.3 – Пресування пластмас
1 – прес-матеріал; 2 – прес-форма; 3 – прес

Нагрітий прес-матеріал 1 розм'якшується, заповнює гнізда прес-форми 2 і залишається в ній певний час до повного затвердіння. Після цього прес-форму 2 відкривають і виймають відформовану деталь. Швидкість твердіння термореактивного матеріалу залежить від його марки і температури пресування.

Для більшості термореактивних пластмас температура пресування змінюється від 130 до 180⁰С. Час твердіння для різних пластмас встановлюється в межах 0,5-2,5 хв. на 1 мм найбільшої товщини виробу.

Питомі тиски для різних пластмас змінюються в межах від 10 до 40 (МПа).

Холодне пресування полягає в тому, що прес-порошок завантажують у холодну прес-форму, піддають стисненню при високих питомих тисках 60-120МН/м² і витримують під таким тиском протягом 5-15 с. Потім заготовки витягують з прес-форми і витримують в термостаті при температурі 150-170 ⁰С для полімеризації сполучної речовини.

При холодному пресуванні значно збільшується продуктивність праці, але якість виробів гірше, поверхня – матова. Цей метод не застосовують для виробів складної форми.

Литтєве пресування застосовується для виготовлення виробів складної конфігурації з термореактивних пластмас. Відмінністю литтєвого пресування є наявність в конструкції прес-форми додаткової завантажувальної камери, яка з'єднується з матрицею тонким ливниковим каналом (рис. 3.4).

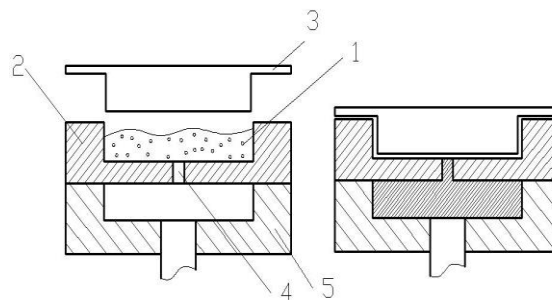


Рисунок 3.4 – Литтєве пресування

1 – пластмаса; 2 – завантажувальна камера; 3 – пуансон;
4 – ливникова система; 5 – роз'ємна порожнина матриці

Пластмасу 1 поміщають в завантажувальну камеру 2. Там вона нагрівається від стінок завантажувальної камери, переходить у в'язко-текучий

стан і під впливом зусилля пуансона 3 через ливникову систему 4 надходить в роз'ємну порожнину матриці 5. Перетин ливникових каналів малий і матеріал надходить у площину з великою швидкістю в напіврідкому стані.

Температура нагрівання матеріалу знаходиться в межах від 140°C до 170°C. Тиск в завантажувальній камері – 50-200 МПа. Особливостями литтєвого пресування є можливість отримання в деталях глибоких отворів малого діаметра, висока точність деталей і можливість заформовувати у виробі тонку арматуру.

Недоліки: складна і дорога прес-форма і велика витрата матеріалу (на ливники).

Для одержання деталей з реактопластів також застосовується лиття під тиском, метод намотування.

В табл. 3.6 наведено режими пресування деталей з конструкційних термореактивних пластмас. З метою доотвердіння матеріалу, зняття внутрішніх напружень, а також для підвищення стабільності розмірів і збільшення в'язкості після пресування деталі піддають термообробці за режимами, наведеними у табл 3.7.

Таблиця 3.6 – Режими пресування реактопластів

Марка реактопласту	Склад реактопласту	Температура пресування, °C	Тиск пресування, МПа
Фенопласт 03-010 -02	50% новолачної фенолформальдегідної смоли і 50% органічного наповнювача	175-200	25-35
АГ-4С	30 % модифікованої фенолформальдегідної смоли і 70 % скляних волокон	155	30-40
ДСВ	40 % модифікованої фенолформальдегідної смоли і 60 % комплексних скляних волокон	140-160	20-60

Таблиця 3.7 – Режими термообробки деталей з реактопластів

Найменування матеріалу	Температура нагрівання, °C	Витримка на повітрі, години
Фенопласт (деталі з характерним розміром до 6 мм)	120-130	2
Фенопласт (деталі з характерним розміром більше 6 мм)	140-150	4
Склопластик ДСВ-2Р-2М	165-175	2
Склопластик АГ-С	165-175	2

3.2.6. Завдання до практичної роботи

Для виконання практичної роботи та пояснення результатів експериментів необхідно вивчити такі питання:

1. Що називають полімером, олігомером, сополімером, типи останніх?
2. Типи зв'язку між атомами та макромолекулами термопластичних і термореактивних полімерів.

3. Класифікація полімерів за складом, формою макромолекул, фазовим станом, полярністю.

4. Вплив на властивості полімерів їх хімічного і фазового складу, полярності, швидкості навантаження та орієнтації макромолекул, орієнтаційне зміцнення.

5. Вплив температури на фазовий стан термопластичних і термореактивних полімерів та їх властивості (термомеханічна крива лінійного, кристалічного і сітчастого полімерів).

6. Сутність реакцій (полімеризації, поліконденсації) отримання полімерів.

7. Мета додавання різних видів наповнювачів в пластмаси.

8. Технологія виготовлення та термообробка деталей із пластмас.

9. Переваги та недоліки полімерних матеріалів порівняно з металами, їх питома міцність.

10. Умови експлуатації, за яких доцільне використання пластмасових деталей.

3.3. Порядок виконання практичної роботи

Ознайомитись з зразками термопластів і реактопластів та вивчити технологію виготовлення з них деталей.

Провести випробування зразків на розтягування при температурах, вказаних в табл. 3.8-3.10.

Визначити характеристики механічних властивостей випробуваних матеріалів. Результати випробувань занести у вказані табл. 3.8-3.10.

Таблиця 3.8 – Залежність міцності термопластів від температури

Полімер	Границя міцності σ_b , МПа, при температурі, °C					
	20	40	80	120	160	200
ПЕВТ						
ПВХ						
Фторопласт-4						
Поліімід						
Поліамід						

Таблиця 3.9 – Механічні властивості термопластів при різних температурах

Температура випробування, °C	Тип полімеру	Границя міцності, σ_b , МПа	Відносне подовження δ , %
20	ПЕВТ		
	ПЕНТ		
40	ПЕВТ		
	ПЕНТ		
60	ПЕВТ		
	ПЕНТ		
80	ПЕВТ		
	ПЕНТ		
100	ПЕВТ		
	ПЕНТ		

Таблиця 3.10 – Залежність міцності реактопластів від температури

Реактопласт	Границя міцності σ_b , МПа, при температурі, °С					
	20	40	80	120	160	200
Гетинакс						
Текстоліт						

3.4. Контрольні питання

1. Типи зв'язку в полімерах.
2. Як впливає ступінь полімеризації на властивості полімерів?
3. Будова та властивості сополімерів.
4. Як впливає форма (лінійна, сітчаста) макромолекул полімерів на їх властивості?
5. Яка різниця в будові термопластичних (термопласти) та термореактивних (реактопласти) пластмас?
6. Утворення кристалічної фази та як її вміст впливає на властивості полімерів?
7. Сутність процесу рекристалізації в полімерах.
8. Фізичний стан термопластів та реактопластів.
9. Суть технології орієнтаційного зміцнення пластмас.
10. Вплив швидкості навантаження на властивості пластмас.
11. Порівняйте релаксаційні властивості термопластів і реактопластів.
12. Назвіть умови виникнення полярності макромолекул і її вплив на властивості полімерів.
13. Що таке прості і складні пластмаси? Які інгредієнти та наповнювачі і з якою метою вводять у пластмаси?
14. Переваги термореактивних пластмас в порівнянні з термопластами.
15. Вплив температури на властивості термореактивних і термопластичних пластмас.
16. Порівняйте стабільність розмірів деталей з термопластів і реактопластів.
17. Якими причинами обумовлена різниця в термостійкості, навантажній здатності та питомій жорсткості термореактивних і термопластичних пластмас?
18. Чому технологічність термопластичних пластмас краща, ніж термореактивних?
19. Порівняти енергоємність технологій, що застосовуються для виготовлення та термічної обробки деталей із пластмас і металевих матеріалів.
20. В яких випадках для виготовлення деталей доцільно застосовувати термопласти або реактопласти?

Практичне заняття № 4

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ З ПОЛІМЕРНОЮ МАТРИЦЕЮ

4.1. Мета роботи

Вивчити фізико-механічні властивості композиційних матеріалів з полімерною матрицею і проаналізувати технологію виготовлення з них деталей.

4.2. Загальні відомості

Сучасні конструкційні матеріали повинні мати високу питому міцність при підвищених і криогенних температурах, динамічних і знакозмінних навантаженнях, в умовах впливу глибокого вакууму, стійкість в агресивних середовищах. Великі потенційні можливості закладені в новому класі конструкційних матеріалів – композиційних матеріалах. Застосування їх у сучасних конструкціях дозволяє поліпшити ряд технічних характеристик виробів: знизити масу, підвищити корозійну стійкість і надійність, що в багатьох випадках, в свою чергу, дозволяє збільшити ресурс роботи конструкцій.

Композиційні матеріали (КМ) складаються з двох чи більше компонентів (складових), що розрізняються за хімічним складом, структурою і розділених вираженою границею. При цьому КМ мають нові властивості, що відрізняються від властивостей їх складових. До таких матеріалів відносяться полімерні композиційні матеріали, що мають полімерні матриці армовані органічними або неорганічними волокнами. У більшості полімерних КМ роль матриці виконує полімер, у якому розподілений наповнювач, що армує. Волокнистий наповнювач несе основне навантаження в матеріалі. Армування може бути виконано волокнами, джгутами, дротами, тканинами.

Властивості КМ, в основному, залежать від фізико-механічних властивостей компонентів і міцності зв'язку між ними. Матриця зв'язує композицію, надає їй форму. Від властивостей матриці залежать такі важливі експлуатаційні характеристики, як робоча температура, опір руйнуванню від втоми, опір агресивному впливу навколишнього середовища. Головний внесок у зміцнення КМ вносять волокна. Зі збільшенням модуля пружності і тимчасового опору волокон підвищуються відповідні властивості КМ. Властивості КМ залежать також від геометрії, розміру, кількості і характеру розподілу волокон.

4.2.1. Властивості волокон

Для армування використовують високоміцні і високомодульні вуглецеві, борні, скляні й органічні волокна у вигляді ниток, джгутів, стрічок, тканин.

Композиції з вуглецевими волокнами називають вуглеволоконними чи вуглепластиками; скляними – скловолокнистами чи склопластиками (з борними – бороволокнистами, органічними – органоволокнистами). Основні фізико-механічні властивості волокон (арматури) наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Фізико-механічні властивості волокон

Назва волокон	$\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	Границя міцності, МПа	Модуль пружності, ГПа	δ , %	Температура плавлення, К	Температура експлуатації, °С	
						тривалої	короткочасної
Скляні	2,48-2,55	1470-4900	49-123	1,5-5,4	978-1963	350-800	650-1050
Органічні	1,14-1,48	490-3530	4,5-147	2-18	673*	170-200	800
Вуглецеві	1,30-1,95	392-3420	196-392	0,5-2	3873**	400-700	800-1500
Борні	1,20-1,30	980-1270	245-450	3,4-5,3	503	150-180	700
Стальний дріт	7,85-8,10	3420-4450	196-207	0,3-2	1813	450-800	700-1300

* – температура розпаду;

** – температура сублімації.

Борні волокна мають високу міцність, твердість, низьку схильність до руйнування при підвищенні температури. При невеликій густині волокна бора мають високу міцність і твердість. Високими питомою міцністю і термічною стабільністю механічних властивостей характеризуються високо-модульні вуглецеві волокна. Їх одержують внаслідок високотемпературної обробки в інертному середовищі із синтетичних органічних волокон.

До позитивних якостей вуглецевих волокон також відносяться висока теплопровідність, корозійна стійкість, стійкість до теплових ударів, невеликий коефіцієнт лінійного розширення.

Скловолокно характеризується поєднанням високої міцності, теплостійкості, низької теплопровідності, високої корозійної стійкості.

4.2.2. Властивості матриць

Матричними матеріалами служать різні реактопласти, насамперед, епоксидні, поліефірні, фенольні смоли.

Термопласти поступаються термореактивним полімерам у твердості, міцності, мають більшу повзучість, але перевагами КМ на їх основі є простота технології отримання виробів, переробки відходів, добрі деформуємість і ударна в'язкість, менше водопоглинання. При створенні теплостійких КМ застосовуються матриці на основі полімерів: полісульфонів, поліфеніленсульфідів, поліацеталей, поліамідів.

Розповсюдженими матрицями при створенні КМ є епоксидні смоли. Їх використання забезпечує високий коефіцієнт реалізації міцності волокон. З КМ на основі епоксидних смол, що мають високі показники міцності, виготовляють відповідальні елементи конструкцій для машинобудування.

Для менш відповідальних конструкційних матеріалів для матриці застосовують поліефірні смоли. Хоча, склопластики на основі поліефірних смол і поступаються за питомими показниками механічних властивостей матеріалам на основі епоксидних полімерів, вони більш доступні і дешеві. Матриці з

поліефірмелінатів і поліефіракрилатів застосовуються у виробництві великогабаритних виробів.

Перевагою фенолформальдегідних смол порівняно з епоксидними і поліефірними є підвищена вогнестійкість. Тому склопластики на їх основі використовуються в будівництві, авіації, транспорті.

4.2.3. Застосування композиційних матеріалів з полімерною матрицею

Серед КМ із полімерною матрицею найбільш широко застосовуються склопластики (95% від загального обсягу) у суднобудуванні, авіації, приладобудуванні, транспортному машинобудуванні.

Тимчасовий опір склопластиків підвищується приблизно в 3 рази при збільшенні об'ємної частки наповнювача до 80 % і досягає 700 МПа при армуванні безперервними волокнами. Дискретні волокна зміцнюють КМ менш ефективно. Склопластики мають високу холодостійкість і теплостійкість. Їх використовують у діапазоні температур від -70° до 400°C . Крім того, завдяки здатності гасити механічні коливання, вони використовуються в умовах дії вібраційних навантажень.

Недоліком склопластиків є порівняно низький модуль пружності. Основні характеристики склопластиків і інших КМ наведено в табл. 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.2 – Фізико-механічні властивості конструкційних склопластиків

Властивості	Тип матриці			
	поліефірна	епоксидна	фенолформальдегідна	кремній-органічна
Густина $\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	1,65	1,6-1,9	1,7	1,7
Границя міцності при розтягненні, МПа	320	450	340	250
Границя міцності при згині, МПа	360	500	250	200
Водопоглинання за 24 години, %	0,2	0,1	0,1	0,5

Таблиця 4.3 – Механічні властивості композитів з полімерною матрицею

Матеріали	$\rho \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	Напруження руйнування, МПа		Модуль пружності при розтягненні, МПа	Модуль зсуву, ГПа	δ при розриві, %
		при розтягненні	при зсуві			
Склопластики	1,6-2,2	<u>343-1764</u> 117-735	<u>5,88-58,8</u> 58,8-289	<u>12,7-68,6</u> 5,9-56,8	1,19-19,6	1,5-2,8 0,5-1,5
Вуглепластики	1,3-1,9	784-1666	<u>9,8-44,1</u> 79,4-137,2	117,6-196	9,8-14,7	0,4-1,0
Боропластики	1,6-1,9	5,82-1372	<u>13,7-24,5</u> 78,4-109,7	176-264	9,8-12,7	0,3-0,7
Органо-пластики	1,2-1,35	784-1470	<u>10,5-24,5</u> 96,3-170,5	58,8-76,4	2,4-14,7	2,0-7,0

Чисельник – вздовж напрямку армування.

Знаменник – поперек напрямку армування.

Вуглепластики (карбоволокнити) і органопластики (органоволокнити) поряд з усіма позитивними властивостями склопластиків мають у півтора рази меншу густину, у 3-4 рази вищу твердість і більшу міцність.

Але в зв'язку з більш високою вартістю вони в даний час використовуються в аерокосмічній, оборонній промисловості, в автомобілебудуванні.

Вуглепластики (карбоволокнити) мають малий коефіцієнт тертя і високу зносостійкість. Епоксифенольні карбоволокнити (КМУ-1л, зміцнений вуглецевою стрічкою і КМУ – 1у, армований джгутом) можуть тривало працювати при температурі до 200 °С.

Карбоволокнити КМУ-3 і КМУ-3л одержують на епоксидно-формальдегідному сполучному (матриця). Їх можна застосовувати до 100 °С. Карбоволокнити КМУ-2 і КМУ-2л з полімерною матрицею працездатні до 300 °С. Вони мають високу водо- і хімічну стійкість.

З метою зниження їх вартості застосовують часткову заміну вугільних волокон скляними. В цьому випадку матеріал називається карбоскло-волокнитом.

Бороволокнити відрізняються високою міцністю при стисканні, зсуві і зрізі, низькою швидкістю повзучості, високою твердістю, модулем пружності і теплопровідністю. При їх армуванні також застосовують часткову заміну борних волокон скляними, а матеріал в цьому випадку називається бороскловолокнитом. Бороволокнити КМБ-1 і КМБ-1к призначені для тривалої роботи при температурі 200°С. Матеріал КМБ-2к працездатний при температурах до 300°С. Такі КМ стійкі до впливу радіації, води, органічних розчинників і паливно-мастильних матеріалів.

Деталі з бороволокнитів застосовують в авіаційній і космічній техніці для виготовлення панелей, роторів і лопаток компресорів, лопастей гвинтів, трансмісійних валів вертольотів і т.ін.).

Органоволокнити мають малу густину, високу питому міцність і твердість, стабільні при дії знакозмінних навантажень і різкій зміні температур.

В органоволокнитах значення модуля пружності і температурних коефіцієнтів розширення волокон і матриці близькі. Це обумовлює стабільність їх механічних властивостей при різкому перепаді температур. Для таких КМ характерний високий рівень ударної в'язкості. Більшість органоволокнитів може тривало працювати при 100-150°С, а КМ з поліамідною матрицею і поліоксодізолями волокнами при температурі до 300°С.

Недоліком цих матеріалів є порівняно низька міцність при стисканні і схильність до повзучості.

Для підвищення міцності і твердості органоволокнитів для їх армування разом із синтетичними волокнами застосовують скляні, вуглецеві або борні волокна.

Органоволокнити застосовують в авіації, автомобілебудуванні. З них виготовляють труби, ємності, покриття.

4.2.4. Властивості КМ

Для більшості композитів параметри міцності змінюються прямо пропорційно об'ємній частці волокон. Міцність при розтягненні можна визначити за рівнянням:

$$s_p = s_b \times V_b + s_m (1 - V_b), \quad (4.1)$$

де s_b – міцність волокон;

V_b – об'ємна частка волокон;

s_m – напруження в матриці в момент руйнування волокон.

Верхня границя міцності КМ при розтягненні визначається, в основному, максимальною об'ємною часткою волокон. Припустимо об'ємне наповнення, як правило, не перевищує 65-70 %. Оскільки матриця на міцність КМ впливає порівняно мало, міцність приблизно можна визначити за формулою:

$$s_p = s_b \times V_b \quad (4.2)$$

Дискретні волокна зміцнюють композиційний матеріал у меншій мірі, ніж безперервні. Непаралельність волокон істотно знижує ефективність зміцнення КМ, армованого дискретними волокнами.

4.2.5. Виготовлення композиційних матеріалів з полімерною матрицею та деталей з них

У промислових технологіях, як правило, формування композиційного матеріалу і виготовлення з нього деталей поєднані. Технологічний процес складається з наступних основних операцій:

- з'єднання полімерного зв'язуючого з арматурою просоченням розчином чи емульсією волокон (або їх сітки) чи нанесенням шарів порошкоподібного зв'язуючого на кожен шар арматури;
- приготування напівфабрикатів у вигляді пакетів намотуванням, викладенням на оправках або протягуванням, наприклад, при виготовленні профільних деталей;
- формування деталі з застосуванням прямого пресування, вакуум-формування, контактного формування, автоклавного формування.

4.3. Завдання до практичної роботи

Для виконання практичної роботи та пояснення результатів експериментів необхідно знати такі питання:

1. Склад і класифікація КМ з неметалевою матрицею.
2. Призначення матриці і вимоги до її матеріалу.
3. Призначення волокон і вимоги до їх матеріалу.
4. Описати вплив характеру границь між матрицею і волокнами на властивості КМ.
5. Карбоволокнити з полімерною і вуглецевою матрицями.
6. Бороволокнити.
7. Органоволокнити.

4.4. Порядок виконання практичної роботи

Ознайомитися зі зразками композиційних матеріалів з неметалевою матрицею та технологією їх виготовлення.

Провести випробування зразків волокон, матриць і композиційних матеріалів з неметалевою матрицею на розтягнення при температурах, наведених в табл. 4.4. Результати випробувань занести у вказану табл.4.4.

Таблиця 4.4 – Міцність бороволокнитів з епоксидним та поліамідними зв'язуючими при згинанні в залежності від температури випробувань

Температура випробувань, °C	σ_{zg} , МПа, бороволокнитів з епоксидним зв'язуючим	σ_{zg} , МПа, бороволокнитів з поліамідним зв'язуючим
10		
20		
100		
200		

4.5. Контрольні питання

1. Як класифікують КМ з неметалевою матрицею за схемою армування, типом фази і матрицею?
2. Навести приклади впливу різних схем армування на властивості КМ.
3. Структура та властивості карбоволокнитів, навести приклади доцільності використання цих матеріалів.
4. Структура, властивості та застосування бороволокнитів.
5. В яких умовах проявляються переваги органоволокнитів над іншими КМ з неметалевою матрицею ?
6. Яким чином впливає на властивості КМ довжина волокон та міцність їх з'єднання з матрицею ?
7. Термостійкість композиційних матеріалів з різними типами волокон і неметалевих матриць.

Практичне заняття № 5

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОДЕРЖАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ З ПОЛІМЕРІВ

5.1. Мета роботи

Ознайомитися з технологічним процесом одержання нероз'ємних з'єднань. Набути практичні навички зі склеювання та зварювання пластмас.

5.2. Загальні відомості

Нероз'ємні з'єднання з пластмас одержують, в основному, за допомогою склеювання та зварювання.

Термопласти (поліетилен, вініпласт, капрон, фторопласт та ін.) можна зварювати. При нагріванні вони переходять спочатку до високопластичного, а потім до в'язкотвердого стану, порівняно легко зчіпляються один з одним і при охолодженні затвердівають, створюючи сполучення.

Для з'єднання м'яких термопластів (поліетилен, полівінілхлоридний пластикат у вигляді тонких листів) застосовують точкове та шовне зварювання, а для зварювання жорстких термопластів (вінілласт, полістирол та ін.) – зварювання з використанням присадного матеріалу.

Під час зварювання нагрітий газ подають до зони з'єднання матеріала деталі і присадного прутка. Теплоносієм найчастіше є повітря, нагріте до температури 250-380°C, а в разі нагрівання інфрачервоними променями для запобігання оксидації полімера – азот або аргон. Струмінь нагрітого газу 5 (рис. 5.1) подають у зону зварювання крізь сопло 6. Джерелом теплоти є електронагрівач опору або природний газ. Присадний прутик 4 втискають з деяким зусиллям у зазор між зварювальними листами 1 і 3, щоб утворити зварний шов 2. Сопло і присадний прутик вручну переміщують у напрямку шва.

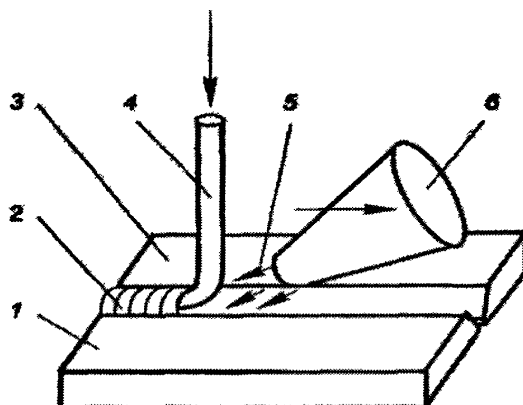


Рисунок 5.1 – Схема зварювання нагрітим газом:
1,3 – зварювальний лист; 2 – зварний шов;
4 – присадний прутик; 5 – нагрітий газ; 6 – сопло

Якщо зварюють без присадного матеріалу, то деталі складають внакладку, по яких вслід за соплом прокачують ролик.

Пластмаси зварюють спеціальним газовим або газоелектричним пальником, який працює наступним чином. Відкривають ацетиленовий вентиль і ацетилен потрапляє до каналу. Проходячи через інжектор, він створює розрідження, і через отвір підсмоктується атмосферне повітря. Ацетилено-повітряна суміш при виході із сопла згорає, утворюючи всередині повітряної камери полум'я. Одночасно по каналу подається стиснуте повітря, яке, потрапляючи до повітряної камери, омиває полум'я, нагрівається і змішується з гарячими продуктами горіння ацетилену. Ця суміш і використовується для нагрівання пластмаси під час зварювання. Газоелектричний пальник працює так: стиснуте повітря від балону або компресора, пройшовши через фільтр, надходить до каналу. В каналі повітря нагрівається і, виходячи з сопла, нагріває пластмасу і присадний матеріал, які зварюються. Нагрівання повітря регулюється реостатом, а його витрата – вентилем.

Необхідно по можливості точно встановлювати температуру газів, які виходять з сопла. При низькій температурі нагрітого повітря зварне сполучення буде не міцним і легко зруйнується. При високій температурі повітря, яке надходить з пальника, обвуглюються краї зварного з'єднання, що викликає розкладання пластмаси з виділенням їдкого газу. Частіше за все з усіх пластмас зварюють вініласти. Вініпласт переходить до в'язкотягучого стану при температурі 200-220⁰С. При товщі матеріалу більше 2-3 мм застосовують У-подібну підготовку країв під зварювання, які зрізають у гарячому стані. Перед зварюванням деталі виробу струбцинами, кондукторами та іншим приладдям фіксують у потрібному положенні. Зварювання починають з попереднього підігрівання місця зварювання. При нагріванні пластмаса набуває характерного блиску, і це свідчить про її в'язкотягучий стан. Потім кінець з присадного прутка вертикально вдавлюють в це місце з одночасним підігрівом його, як показано на рис. 5.1. Пруток розігрівають по периферії до в'язкотягучого стану, тоді як його стержень (центральної частини) знаходиться у твердому еластичному стані, сприяючи вдавлюванню його і зварюванню з краями. Краї та присадний прутки повинні рівномірно нагріватися.

Пластмаси легко зварюються в усіх просторових положеннях. За необхідності зварювання проводять декілька раз.

Склеюванням називають процес створення нероз'ємного сполучення матеріалів за допомогою клею, який утворює між з'єднуваними поверхнями тонку і міцно зчеплену з ними клейову плівку. Міцність клейового з'єднання залежить від адгезії (прилипання, зчеплення) клейової плівки з матеріалами, які склеюються, і її когезії, тобто міцності самої плівки. Підвищенню міцності клейового з'єднання значною мірою сприяють створення жорсткості на поверхні матеріалу, який склеюється, і ретельне її знежирення. Оптимальна товщина клейової плівки повинна бути в межах 0,1-0,6 мм.

Склеювання синтетичними клеями набуло широке застосування в авіації (обшивка панелі), в суднобудуванні (конструкції з склопластиків), в автомобільній промисловості (фрикційні накладки, оздоблення кузова), в ремонтному виробництві (заповнення тріщин, шпарин, пробіїв). Склеювання дозволяє з'єднувати метали і неметали в різних поєднаннях. В порівнянні зі зварюванням

і клепаанням воно забезпечує значне зниження маси конструкцій при високій антикорозійності клейового шва, дає можливість вести процес при порівняно низьких температурах, відрізняється простотою виробництва і досить високою економічністю. Недоліки клейових з'єднань – невисока довговічність (через старіння) і невелика міцність при нерівномірному відриванні.

Клеї складаються з плівкоутворювальної органічної або неорганічної основи із заданими адгезійними і когезійними властивостями. Крім того, до їх складу можуть входити розчинники, що створюють певну в'язкість клею, пластифікатори для підвищення його пластичності і зменшення усадки, наповнювачі для підвищення міцності сполучення, отверджувачі та ін. Як плівкоутворювальну основу використовують синтетичні смоли або каучуки, а для наповнювачів – порошки, волокна органічного і неорганічного походження та ін. Розчинниками є ацетон, дихлоретан, бензол і спирти. Як пластифікатори використовують гліцерин, каучук і деякі смоли.

Промисловість випускає клеї холодного та гарячого затвердіння. Клеї гарячого твердіння забезпечують більш високу міцність і теплостійкість. При нагріванні краще видаляється розчинник і відбувається більш повне затвердіння. Як правило, для видалення розчинника з клейової плівки до остаточного нагрівання з метою затвердіння її висушують на відкритому повітрі при 50-60°C. Сприяє міцності клейового з'єднання також гаряче твердіння під тиском.

Ряд матеріалів, як, наприклад, органічне скло, полістирол, склеюють розчинниками або клеями, що містять матеріал, що склеюється, та його розчинник (дихлоретан, ацетон та ін.).

Широко використовують спеціальні клеї для склеювання таких матеріалів, як текстоліт, склотекстоліт, металів з неметалами. До них відносять фенольноформальдегідні, епоксидні, фенольно-бутварні, поліуретанові, карбамідні, гумові та інші клеї.

5.3. Порядок виконання роботи

В даній роботі для склеювання зразків з текстоліту використовують фенольно-бутварний клей БФ-2. Він становить собою розчин фенольно-бутварної смоли в спирті і використовується для склеювання пластмас, металів, кераміки, деревини. Склеювання матеріалів цим клеєм ведеться гарячим способом.

При клейовому з'єднанні часто використовують сполучення деталей внакладку. Подібне клейове сполучення виконується в даній роботі.

Для виконання роботи студенти одержують для склеювання шість плоских зразків з листового текстоліту розміром 115x15x2 мм, клей БФ-2, ацетон, наждачний папір, куски тканини, вату, шпатель, лінійку, струбцину. Клейове сполучення висушують і нагрівають у термошафах, випробовують на зсув на розривній машині.

Склеювання і випробовування сполучень проводять у такій послідовності.

1. Намітити на зразках місце склеювання.

2. Підготувати на зразках місця склеювання, зачистити їх наждачним папером, здути з них пил і знежирити їх ацетоном, просушити на повітрі впродовж 3-5 хвилин.

3. Нанести на зачищені місця зразків перший шар клею (шар наноситься рухом шпателя в один бік, щоб не утворювалися бульбашки повітря).

4. Провести перше відкрите просушування зразків з нанесеним шаром клею в термошафі при 50-60°C протягом 15 хвилин.

5. Нанести другий шар клею.

6. Провести друге просушування при тому самому режимі, що і перше.

7. З'єднати склеювані поверхні зразків і затиснути їх у струбцинах тиском 0,25-3 МПа.

8. Нагріти склеювані зразки разом зі струбцинами в термошафі до 150°C і витримати при цій температурі 5, 15 і 25 хвилин.

9. Дістати зразки зі струбцинами з термошафи, охолодити їх на повітрі до 40°C і розкріпити.

10. Випробувати склеєні зразки на зсув.

11. Знайти межу міцності клейового з'єднання на зсув за формулою

$$\tau = P/F ,$$

де P – руйнівне навантаження, Н;

F – площа склеювання, см².

12. Занести одержані значення до протоколу випробувань.

13. Побудувати графік зміни межі міцності на зсув клейового з'єднання залежно від тривалості нагрівання при витриманні під тиском.

14. Вивчити будову газоелектричного або газового пальника для зварювання пластмас.

16. Набути навички із запуску газоелектричного або газового пальника для зварювання пластмас, регулювання температури теплоносія і зі зварювання пластмас.

17. Підібрати та встановити режим зварювання (температуру теплоносія, діаметр присадного прутка).

18. Закріпити пластини з вініпласта товщиною 2-4 мм (за необхідності попередньо зрізати краї) і зварити прутками з вініпласта.

19. Оглянути шов і візуально оцінити його якість.

20. Зруйнувати зразок на розривній машині (після повного охолодження) і результати порівняти з міцністю вініпласта до зварювання.

5.4. Контрольні питання

1. Що являє собою технологічний процес одержання нероз'ємного з'єднання склеюванням?

2. Від чого залежить міцність клейового з'єднання?

3. Які фізико-хімічні процеси впливають на міцність клейової плівки?

4. Що сприяє збільшенню міцності клейового з'єднання?

5. Яка оптимальна товщина клейової плівки?

6. В яких галузях промисловості склеювання набуває широкого застосування? Наведіть приклади.

7. Переваги технологічного процесу склеювання перед зварюванням і клепаанням.

8. Недоліки клейових сполучень.

9. Основні складові клеїв.

10. Які допоміжні складові вводять до складу клеїв і яка їх роль?

11. Основні види клеїв. Чим вони відрізняються?

12. Який технологічний прийом використовується для видалення розчинника з клейової плівки?

13. Назвіть пластмаси, що склеюються за допомогою розчинників чи клеїв на основі розчинників.

14. Які клеї відносять до класу спеціальних?

15. Наведіть перелік клеїв, що використовуються для склеювання пластмас і гуми.

16. Що становлять собою клеї, які використовуються для склеювання пластмас?

17. Який технологічний прийом використовується для склеювання виробів фенольно-бутварним клеєм?

18. Яке обладнання використовується для випробування клейового з'єднання на зсув?

19. Яким чином визначити межу міцності клейового з'єднання на зсув?

20. Які основні фактори впливають на міцність клейового з'єднання?

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНИХ ТА КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ (СРС)

Завдання 1

1. Застосування полімерів як жорстких конструкційних матеріалів.
2. Полімери з просторовою структурою.
3. Яким чином впливає форма макромолекул полімерів на їх фізико-механічні властивості?

Завдання 2

1. Неметалеві матеріали. Їх переваги у порівнянні з металами і сплавами.
2. Реакція полімеризації.
3. Вплив підвищеного вмісту наповнювача на текучість пластмас.

Завдання 3

1. Які полімери називаються термопластичними, а які термореактивними? Наведіть приклади.
2. Фізико-механічні властивості пластмас.
3. Кристалізація полімерів і металів. Їх принципова відмінність.

Завдання 4

1. Первинні елементи полімерної структури.
2. Матеріали з пластмас для виготовлення підшипників.
3. Температурні залежності характеристик міцності термопластичних і термореактивних полімерів.

Завдання 5

1. Повзучість антифрикційних полімерних матеріалів. Заходи щодо її зниження.
2. Реакція поліконденсації.
3. Переваги органоволоконитів, їх властивості та застосування.

Завдання 6

1. Схеми будови макромолекул полімерів.
2. Технологічні методи виготовлення складних виробів з термопластів.
3. Чинники, які впливають на фізико-механічні та хімічні властивості полімерів.

Завдання 7

1. Полімерні матеріали, що мають високі тепло- і звукоізоляційні властивості.
2. Найважливіші термореактивні пластмаси. Будова, властивості, області застосування.
3. Термореактивні пластмаси з органічними наповнювачами. Їх властивості.

Завдання 8

1. Найважливіші термопластичні пластмаси. Їх властивості і сфери застосування.
2. Температури кристалізації полімерів і металу. Їх принципова відмінність.
3. Основні термопластичні пластмаси, їх склад та застосування.

Завдання 9

1. Приклади ефективності застосування пластмас.
2. Коефіцієнт використання пластмас.
3. Процеси релаксації в полімерах.

Завдання 10

1. Способи виготовлення складних виробів з термореактивних пластмас. Їх особливості, переваги і недоліки.
2. Полімери з розгалуженою структурою.
3. Органоволокнити.

Завдання 11

1. Властивості полімерних матеріалів, що обумовлюють можливість їх застосування як теплоізоляційних.
2. Складні пластмаси. Їх склад, властивості та застосування.
3. Карбоволокнити, їх властивості, різновиди та застосування.

Завдання 12

1. Прості пластмаси. Їх склад, властивості та застосування.
2. Переваги і недоліки пластмас при заміні кольорових металів і сплавів.
3. Види зміцнювачів композиційних матеріалів з неметалевою матрицею.

Завдання 13

1. Особливості застосування полімерів як жорстких конструкційних матеріалів.
2. Характеристика полімеру з точки зору його фізичного стану.
3. Класифікація композиційних матеріалів з неметалевою матрицею по виду зміцнювача та матриці.

Завдання 14

1. Кристалізація полімерів і металів. Їх принципова відмінність.
2. Пластмаси. Їх різновиди, класифікація за типом використовуваних наповнювачів.
3. Види зв'язуючих речовин композиційних матеріалів з неметалевою матрицею.

Завдання 15

1. Схеми будови макромолекул полімерів.
2. Тип зв'язку між частинками у полімерних матеріалах.

3. Сутність старіння полімерних матеріалів.

Завдання 16

1. Пластмаси, їх склад і загальні властивості.
2. Класифікація пластмас за зв'язуючою речовиною та наповнювачем.
3. Порівняльна характеристика властивостей пластмас у залежності від виду зв'язуючої речовини.

Завдання 17

1. Термореактивні пластмаси з органічними наповнювачами та їх властивості.
2. Склопластики, їх склад, властивості та застосування.
3. Як впливає вид наповнювача та зв'язуючої речовини на фізико-механічні властивості склопластиків.

Завдання 18

1. Властивості і застосування різних видів пінопластів.
2. Поропласти, їх структура та властивості.
3. Особливості будови, властивості та застосування сотопластів.

Завдання 19

1. Властивості органічного скла та способи підвищення його якості.
2. Властивості і галузі застосування групи пластмас з відомими назвами: капрон, нейлон.
3. Властивості і застосування полівінілхлориду різного виду.

Завдання 20

1. Термостійкі пластики, їх різновиди та властивості.
2. Види і властивості шаруватих пластиків.
3. Порівняльна характеристика фізичної структури піно-, поро- та сотопластів.

Завдання 21

1. Вироби, які виготовляють із полістиролу і області їх застосування.
2. Вид зв'язуючої речовини, властивості і застосування лавсану.
3. Види і призначення простих пластмас на основі поліефірів.

Література

1. Спорягін Е. О., Варлан К. Є. Теоретичні основи та технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів: Навчальний посібник. – Д.: Вид-во ДНУ, 2012. – 188 с.
2. Будник А.Ф., Юскаєв В.Б., Будник О.А. Неметалеві матеріали в сучасному суспільстві: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 222 с.
3. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ: 2006. – 270 с.
4. Мозберг Р.К. Матеріалознавство. – М.: Вища школа, 1991. – 449 с.
5. Кулезньов В.Н., Шершньов В.А. Хімія та фізика полімерів: Підручник для вузів. – М.: Вища школа, 1988. – 313 с.
6. Анохін В.В. Хімія і фізико-хімія полімерів: Підручник. – Київ: Вища школа, 1972. – 371 с.
7. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.Л. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
8. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению / Под общ. ред. С.С. Некрасова. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
9. Григорьев Г.П., Ляндаберг Г.Я., Сирота А.Г. Полимерные материалы. – М.: Высшая школа, 1966. – 250 с.
10. Термопласты конструкционного назначения (Под ред. Е.В. Тростянской. – М.: Химия, 1975. – 240 с.
11. Булатов Г.А., Полиуретаны в современной технике. – М.: Машиностроение, 1983. – 272 с.
12. Горяинова А.В., Божков Г.К., Тихонова М.С. Фторопласты в машиностроении. – М.: Машиностроение. 1971. – 233 с.
13. Композиционные материалы в машиностроении. (Ю.Л. Пилиповский, Т.В. Грудина, А.Б. Сапожникова и др. – Киев: Техніка, 1990. – 141 с.
14. Травин О.В., Травина Н.Т. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.
15. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. – М.: Химия, 1978. – 310 с.
16. Липатов Ю.С. Будущее полимерных композиций. – Киев: Наук. Думка, 1984. – 135 с.
17. Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А. Пластические массы. – Л.: Химия, 1983. – 210 с.
18. Гуль В.Е. Структура и прочность полимеров. – М.: Химия, 1978. – 327 с.
19. Справочник по пластическим массам / Под ред. М.И. Гарбара и др. – М.: Химия, 1969. – 517 с.
20. Лапшин В.В. Основы переработки термопластов литьем под давлением. – М.: Химия, 1974. – 270 с.