

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія
виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів» для
студентів спеціальності

132 «Матеріалознавство», освітніх програм «Прикладне
матеріалознавство» денної та заочної форм навчання

2022

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія виробництва виробів з полімерних композиційних матеріалів» для студентів спеціальності 132. Матеріалознавство», освітніх програм «Прикладне матеріалознавство» денної та заочної форм навчання /Укл.: В.С. Вініченко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. С29.

Укладачі: Вініченко В.С, доцент, к.т.н.

Рецензент: Джуган О.А. ст. викладач

Відповідальний за випуск: Ольшанецький В.Ю, проф., д.т.н.

Затверджено
науково-
методичною комісією
_____інженерно-
фізичного_ факультету
Протокол № 6
від “14.” 02 2023 р.

Затверджено
на засіданні кафедри
"Фізичне
матеріалознавство"

Протокол № 4
від “06” 12 2022 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Мета і задачі курсового проекту.....	4
2. Завдання на курсовий проект	6
3. Організаційні вказівки щодо виконання курсового проекту	8
4. Методичні вказівки до виконання розділів курсового проекту	8
4.1. Аналітичний (літературний та патентний) огляд.....	8
4.2. Характеристика та умови експлуатації даної деталі (ескіз, призначення, ступінь навантаження, температура, середовище).....	10
4.3. Характеристика компонентів (волокон, зв'язувальної речовини), що застосовуються для виготовлення деталі (хімічний склад, властивості).....	11
4.4. Обґрунтування вибору способу формування деталі.....	12
4.5 Маршрутна технологія виготовлення деталі.....	13
4.6 Розробка технології виробництва виробу.....	15
4.6.1 Розрахунок необхідної кількості волокон і зв'язувальної речовини для виготовлення даних деталей на річну програму.....	16
4.6.2 Вибір матеріалу для виготовлення оснащення.....	16
4.6.3 Вибір матеріалу шару, що розділяє виріб і оснащення.....	17
4.7. Вибір технологічних режимів формування і термічної обробки виробу.....	17
4.8. Оптимізація технології формування і термічної обробки виробу.....	20
4.9. Розробка технологічної карти.....	20
4.10. Технічний контроль, попередження та виправлення дефектів	21
4.11. Автоматизація виробничих процесів.....	21
5. Техніка безпеки при виготовленні деталей із ПКМ.....	21
Висновки.....	22
Література.....	23
Інформаційні ресурси.....	24
Додаток А. Приклад титульного аркушу пояснювальної записки до курсового проекту (роботи).....	25
Додаток Б. Приклад завдання для виконання курсового проекту.....	26
Додаток В. Календарний план виконання курсового проекту	29

ВСТУП

Велика кількість полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) застосовується в автомобілебудуванні, приладобудуванні, в електротехніці для виготовлення підшипників ковзання, манжет, ущільнювальних кілець, втулок, шестерень, роликів і ін. деталей. Одним з основних напрямків використання таких конструкційних матеріалів є виробництво ракет, літаків, надводних і підводних обшивок кораблів. Використання полімерних матеріалів дає можливість зменшити масу і габаритні розміри машин. Розширення сфери застосування полімерних матеріалів дозволяє спростити конструкцію виробів, підвищити надійність та довговічність їх роботи, а також вивільнити велику кількість кольорових металів і легованих сталей.

В останній час накопичений великий об'єм кількісних даних, які дозволяють оцінювати властивості полімерів, створено математичні моделі, що адекватно описують процеси, які пов'язані з виробництвом деталей з даних матеріалів. Проте для створення та оптимізації технологій виготовлення деталей із вказаних матеріалів недостатньо пасивного освоєння формул. Необхідні практичні навички застосування отриманих знань для вирішення конкретних задач. Тому для успішного засвоєння курсу, вміння застосовувати одержані результати в практичній діяльності, доцільно виконання курсової роботи як завершального етапу з вивчення даного курсу.

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Технологія виробництва виробів із полімерних композиційних матеріалів» являються сучасні технології виготовлення виробів із полімерних композиційних матеріалів.

1. МЕТА І ЗАДАЧІ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Метою даного курсового проекту (КП) є забезпечення систематичних знань в області сучасних технологій виробництва виробів з армованих полімерних композиційних матеріалів, реалізація яких на практиці сприятиме опануванню практичних прийомів розробки технологій, що застосовуються у виробництві деталей із вказаних матеріалів, а також у формуванні можливостей самостійного поповнення слухачами багажу знань у цій області.

Завданням даного КП є навчитися користуватися накопиченою на сьогодні інформацією і доцільно її використовувати в практичній діяльності. Зокрема, довідниковими матеріалами, схемами та

графіками процесів виробництва, проводити розрахунки витрат висхідних матеріалів на певну кількість деталей та робити обґрунтовані висновки про доцільність та ефективність того чи іншого методу виготовлення деталей; розробці та плануванню заходів щодо оптимізації процесів виробництва деталей із сучасних полімерних композиційних матеріалів; впровадженню сучасних технічних засобів; використанню методів оцінки ефективності нових заходів та покращення умов праці.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати

загальні компетентності:

КЗ.01. Здатність до абстрактного мислення, критичного аналізу, оцінки і синтезу нових та складних ідей.

КЗ.02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

КЗ.03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

КЗ.04. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

КЗ.06. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

КЗ.07. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

КЗ.08. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

КЗ.09. Здатність працювати автономно та в команді.

КЗ.10. Уміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми і задачі.

фахові компетентності:

КС.08. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні процесів виробництва матеріалів та виробів.

КС.09. Здатність до розуміння загальних закономірностей та основних принципів отримання заданих властивостей композиційних матеріалів.

КС.10. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу конструкторсько-технологічних рішень в області матеріалознавства.

КС.12. Здатність обґрунтовано здійснювати вибір матеріалів для конкретного використання виходячи з ґрунтового аналізу кінцево-елементних даних щодо умов подальшої експлуатації готових виробів.

КС.17. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування виробів з обраних матеріалів.

Очікувані програмні результати навчання:

Знання класифікації полімерних композиційних матеріалів (ПКМ); властивостей компонентів ПКМ та областей їх застосування; особливостей структури та її вплив на властивості виробів з композиційних матеріалів; принципальних технологічних схем виробництва ПКМ; основних параметрів окремих стадій технологічних процесів.

Уміння визначати технологічні властивості полімерних зв'язуючих речовин; аналізувати вплив параметрів отримання ПКМ на його фізико-механічні властивості; застосовувати отриманні знання для підвищення ефективності виробництва ПКМ.

Володіти інформацією про області виробництва та застосування ПКМ; методи контролю сировини, допоміжних матеріалів і готової продукції. Здатність дослідити вітчизняний та закордонний патентний фонд та запропонувати нові технічні рішення в досліджуваній галузі; протиставити можливі технології отримання виробів за їх впливом на властивості кінцевого продукту; розробити прийнятне технічне рішення щодо підвищення фізико-механічних властивостей матеріалів; зіставити спеціальні технології, спрямовані на досягнення певного рівня конструкційної міцності і методи управління якістю.

2. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Завдання – це основний документ, на підставі якого студенти виконують КП. Завдання заповнюється на спеціальному бланкові, в котрому зазначаються: тема КП; термін здачі студентом закінченого КП; вхідні дані до даного КП; зміст розрахунково-пояснювальної записки; перелік графічного матеріалу; дата видачі завдання. Приклад завдання наведено у додатку Б.

Досить важливими є вхідні дані. Вхідні дані до КП вносяться в завдання, в якому вказують: матеріали армувальних елементів (волокон) і зв'язувальної речовини, об'ємну частку волокон; креслення деталі, яка підлягає виготовленню, річну програму деталей, що виготовляються. При цьому вважаємо, що форма, розміри, ступінь навантаження деталі, матеріал зв'язувальної речовини, матеріал волокон для її армування, об'ємна частка волокон, схема розташування волокон задані, а в даному проекті можливе розв'язування наступних задач:

- обґрунтувати доцільність використання полімерних композиційних матеріалів для виготовлення даної деталі;

- охарактеризувати умови роботи даної деталі (ескіз, призначення, ступінь навантаження, температура, середовище);
- проаналізувати, тобто порівняти доцільність застосування даних матеріалів (волокон, зв'язувальної речовини), для виготовлення конкретної деталі з ін.;
- довести доцільність вибраного способу виготовлення деталі;
- скласти маршрутну технологія виготовлення деталі;
- розрахувати необхідну кількість волокон і зв'язувальної речовини для виробництва програми даної деталі;
- обґрунтовано вибрати матеріал для виготовлення оснащення;
- вибрати матеріалу шару, що розділяє деталь і оснащення;
- уточнити технологічні параметри технології твердіння деталі з застосуванням методу планування експерименту;
- уточнити технологічні параметри технології термічної обробки деталі з застосуванням методу планування експерименту;
- розробити технологічні карти процесів твердіння та термічної обробки деталі;
- розробити технологію технічного контролю та заходи щодо попередження та виправлення дефектів;
- розробити заходи з техніки безпеки щодо здійснення технологічних операцій при виготовлення даної деталі;
- сформулювати висновки за результатами даного проекту.

Звичайно глибина проробки кожної із вказаних задач може бути різною в залежності від складності деталі, умов її експлуатації і ін. чинників. Тому, з метою рівномірного навантаження виконавців даного проекту, керівник вибирає конкретні задачі для кожного проекту у відповідності з вище зазначеними. Рішення вибраних задач висвітлюють в пояснювальній записці обсяг, якої повинен становити від 20 до 50 с.

У графічному матеріалі комплексної курсової роботи (два аркуша формату А1) наводять:

- робоче креслення або ескіз виробу;
- властивості компонентів полімерного композиційного матеріалу (ПКМ);
- властивості технологічних матеріалів, зокрема технологічного оснащення;
- вплив технологічних параметрів процесу твердіння та термічної обробки на властивості вибраного матеріалу;

- графіки процесів твердіння та термічної обробки даної деталі; властивості даного матеріалу.

3. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Своєчасне виконання та успішний захист курсового проекту залежить від багатьох складових і в першу чергу від ритмічності роботи студента. Зразок титульного листа наведено у додатку А. На звороті завдання на курсовий проект наводиться календарний план його виконання, в якому вказуються термін виконання окремих етапів (розділів пояснювальної записки, листів графічної частини). Календарний план підписують керівник курсового проекту та студент. Дотримання календарного плану студентом – обов'язкове.

Курсовий проект виконується державною мовою. Відповідальність за достовірність даних, технічні рішення, зміст та оформлення курсового проекту несе виконавець роботи. Виконання, захист курсової роботи здійснюється відповідно до строків зазначених у навчальному плані та оцінюється відповідно до рейтингової системи оцінювання робочої програми з дисципліни за 100-бальною шкалою.

Календарний план виконання даного курсового проекту наведено у додатку В.

4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

У **рефераті** наводяться назва теми КП, об'єм ПЗ, кількість у ній таблиць, рисунків і інших ілюстрацій і кількість аркушів графічної частини, ключові слова. У короткій формі наводяться основні висновки за результатами КП. Обсяг реферату 1 аркуш А4.

У **вступі** дається загальна характеристика стану науково-технічної проблеми, вирішенню якої присвячені КП або робота. При цьому коротко висвітлюються такі питання: загальний стан галузі виробництва, її подальший розвиток. Визначають актуальність і новизну завдання, шляхи вирішення проблем, що існують при здійсненні технологічного процесу виготовлення даної деталі.

Об'єм вступу – 1-2 сторінки.

4.1 Аналітичний (літературний та патентний) огляд.

Цей розділ є складовою частиною проекту або роботи. Робота над літературою приводить до систематизації, закріплення та розширення теоретичних знань, дозволяє більш глибоко вивчити комплекс питань спеціальної технології, а отже, й виконувати КП або курсову роботу на сучасному науково-технічному рівні.

Успіх виконання цього етапу роботи в значній мірі визначається тим, наскільки швидко і правильно студент зуміє підібрати і опрацювати потрібну літературу. Підбір літератури слід починати з перегляду бібліографічних покажчиків у вузькій області науки або техніки.

Тема КП це занадто широке поле пошуків у підборі літератури. Тому перед початком літературного пошуку дуже корисно скласти план літературного огляду і узгодити його з керівником. Нічого, якщо цей план частково або навіть і повністю зміниться при остаточному написанні літературного огляду. Зате робота по підборі літератури стане більш цілеспрямованою.

Тема огляду повинна відображати суть КП і узгоджуватися з керівником. Як вихідні матеріали використовують науково-технічну літературу, патентну документацію, а також матеріали науково-технічних і проектно-конструкторських організацій. Основними джерелами відомостей за технологією синтезу та переробки виробів з полімерних матеріалів є журнали, патенти, монографії, збірки наукових праць НДІ і провідних вузів, довідники і спеціальна технічна література. Слід використовувати іноземні джерела та публікації на які є посилення у відібраній літературі.

Ознайомлення з літературними джерелами та патентною документацією слід починати з вивчення бібліографічних видань. При вивченні літератури спочатку знайомляться з новими виданнями, потім переходять до видань більш ранніх років.

Літературні дані, які являють інтерес слід заносити в бібліографічні картки, в які записують авторів і назву статті; назву журналу, рік випуску, том, номер, сторінки; назву бібліотеки, в якій є журнал, і шифр журналу та конспективно викладають зміст літературного джерела.

Подібна система запису значно полегшує складання літературного огляду, оскільки картки можна систематизувати в певній логічній послідовності.

У літературному огляді слід відобразити такі питання:

- стан вітчизняної і закордонної промисловості в галузі того чи іншого способу виготовлення деталей з ПКМ та найновіші досягнення, які можуть стосуватись, зокрема вдосконалення, оснастки та технології;

- технологічні режими переробки тих матеріалів, з яких передбачається виготовлення заданого виробу. Звернути увагу на технологічний спосіб вибраний для застосування в даному КП, а також на характеристики матеріалу, оскільки часто саме вони потребують експериментального уточнення значень технологічних параметрів;

- вплив технологічних параметрів на властивості виробів.

Критично переробивши літературні дані, студент повинен зробити висновки, які б підводили до вибору технологічної схеми проектованої технології виробництва виробу, її вдосконалення, вибору оснастки. При цьому слід орієнтуватись насамперед на ліквідацію так званих «вузьких місць» в технології, підвищення продуктивності, автоматизації процесів виготовлення, поліпшення якості продукції, покращення умов праці.

Завершується робота по вивченню матеріалів складанням огляду. Необхідно відзначити, що якість курсового проекту багато в чому визначається тим, наскільки широко, глибоко і кваліфіковано зібрана і відібрана патентна та науково-технічна інформація за темою даного курсового проекту. Ніякої цінності для проектування не уявляє просте переписування загальноприйнятих відомостей з підручників і посібників. Рекомендований об'єм літературного та патентного огляду – до 15 с.

4.2 Характеристика та умови експлуатації даної деталі (ескіз, призначення, ступінь навантаження, температура, середовище).

В даному підрозділі доцільно навести робоче креслення (ескіз) виробу. Необхідно приділити увагу призначенню виробу та умовам його експлуатації. Бажано навести дані про те, у якому вузлі (механізмі) розташований виріб, із якими виробами при експлуатації він контактує. Вказати матеріали та властивості виробів, що контактують з даною деталлю. Умови експлуатації виробів, як правило, впливають на вибір матеріалу і технологію виготовлення деталі, тому бажано описати:

- напруження, що діють у виробах (статичні, динамічні, знакозмінні, зрізу, циклічно змінні, нормальні, дотичні, контактні тощо).

характер напруженого стану (лінійний, плоский, об'ємний) та зусиль, що діють на вироби (рівномірно розподілені, зосереджені, нерівномірно розподілені за поперечним перерізом тощо);

- температуро-часові параметри процесу експлуатації (наприклад, температура постійна кімнатна, температура атмосферного повітря, температура нижче 0 °C, температура підвищена, висока, що циклічно змінюється);

- робоче середовище (повітря, мінеральні мастила, пари води або мастил, електроліти, водні розчини мінеральних або органічних речовин, гази, продукти горіння палива, змащувально-охолоджувальні рідини тощо);

- тривалість експлуатації (ресурс роботи) виробів (в годинах, циклах навантаження, циклах зміни температури) без втрати експлуатаційних показників;

- характер зношення (абразивне, корозійне, кавітаційне, корозійно-абразивне тощо);

- основні види та характер руйнування виробів, можливі причини дострокового виходу виробів із ладу;

- наслідки аварійного виходу виробів із ладу (катастрофа об'єкту; втрата часу на заміну та налагодження; руйнування вузла або конструкцій; порушення нормальної роботи механізму або машини).

Виконати аналіз форми, геометрії та розмірів виробів, підкреслити наявність (відсутність) концентраторів напружень, ділянок із різними товщинами та площею поперечного перерізу, їх вплив на процеси нагрівання та охолодження виробів, перепад температур, рівень термічних напружень, жолоблення виробів. На основі проведенного аналізу сформулювати висновок щодо доцільності застосування вказаного в завданні матеріалу.

4.3. Характеристика компонентів (волокон, зв'язувальної речовини), що застосовуються для виготовлення деталі (хімічний склад, властивості)

В цьому підрозділі потрібно сформулювати вимоги до властивостей компонентів КМ із яких заплановано виготовлення даних деталей. Далі описують хімічний склад; структуру, зокрема, схему армування деталі; експлуатаційні, механічні та технологічні властивості волокон, зв'язувальної речовини і інших компонентів що використовуються. Також бажано навести довідникові дані про вплив

на властивості даних деталей і їх собівартість застосування тих чи інших матеріалів з яких виготовлені компоненти КМ.

На основі аналізу наведеної інформації необхідно сформулювати висновки щодо доцільності застосування даних матеріалів або надати рекомендації щодо застосування більш доцільних.

4.4. Обґрунтування вибору способу формування деталі

Міцність КМ, зокрема, визначається об'ємним вмістом армувальних волокон і міцністю їх з'єднання з зв'язувальною речовиною. Регулювання значень вказаних властивостей доцільно здійснювати вибором методу формування. На рисунку 4.1 показана залежність міцності деталі від об'ємного вмісту (V) армувальних волокон і вказані методи формування, що дозволяють реалізувати потрібний об'ємний вміст волокон в КМ.

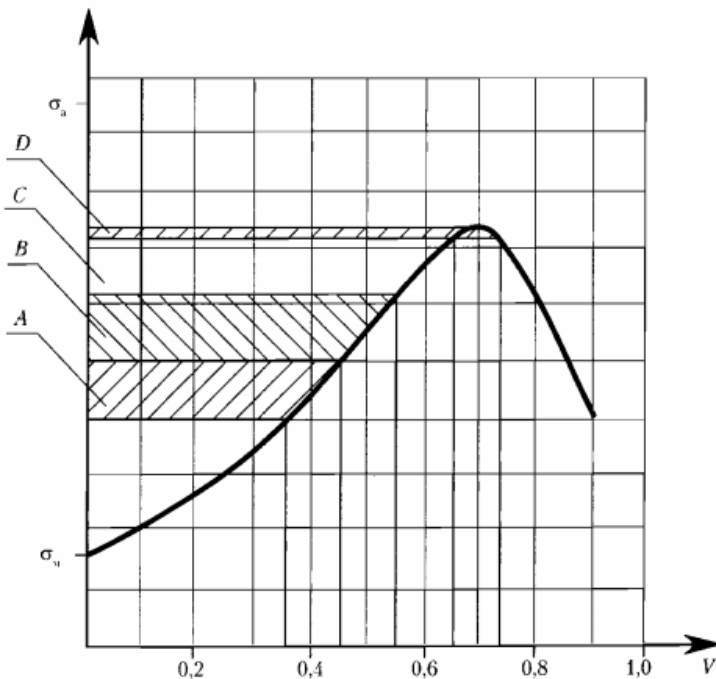


Рисунок 4.1 – Залежність міцності КМ від об'ємного вмісту волокон.

Контактне формування може забезпечити $V=0,35-0,45$, що достатньо для мало навантажених деталей (зона А). Застосування вакуумування дозволяє отримати $V=0,45-0,55$ (зона В). Відповідальні деталі, як правило потребують $V=0,55-0,65$ (зона С). Для підвищення об'ємного вмісту волокон до таких значень можна використовувати формування в автоклавах, або в прес-камерах. Досягти $V=0,65-0,75$ можливо при пресовому формуванні в штампах або в гідроклавах (зона D).

Із наведеного видно, що для підвищення V , тобто для більш щільного укладання арматури, відповідно видавлювання зв'язувальної речовини потрібно застосовувати схеми формування, що забезпечують вищий тиск на препрег, тобто напівфабрикат який складається із волокон просочених зв'язуючою речовиною. Проте тиск вище оптимального може призвести до, так званого «голоду зв'язувальної речовини» тобто створить ситуацію, коли зв'язувальної речовини буде не достатньо для міцного з'єднання арматури. Це призводить до того, що порушується зв'язок між волокнами і міцність КМ знижується.

4.5 Маршрутна технологія виготовлення деталей

Маршрутна технологія виготовлення виробів являє собою логічну послідовність технологічних операцій, виконання яких дозволяє отримати якісні вироби із відповідними характеристиками та властивостями матеріалу. Із урахуванням умов експлуатації виробів, на основі довідникових даних по аналогічній групі виробів та групі матеріалів необхідно скласти маршрутну технологію яка уявляє собою рух заготовок по цехам та відділенням підприємства, в ній зазначаються виконувані операції, які можуть повторюватися, але мати різне призначення, режими та забезпечувати зміну форми, розмірів, шорсткості поверхні і властивостей. В розробці маршрутної технології беруть участь фахівці тих цехів, в яких відбувається обробка даного виробу. Вона може включати десятки операцій. Ураховуючи це, у курсовому проєкті необхідно розробити спрощену маршрутну технологію, тобто схему маршрутної технології. Як приклад в таблиці 4.1 наведено схему маршрутної технології виготовлення виробу з ПКМ.

Таблиця 4.1 – Приклад схеми маршрутної технології виготовлення деталей з ПКМ

№ п/п	Назва операції (комплексу операції)	Цех (дільниця), де виконується операція	Призначення операції
1	2	3	4
1	Заготівельна	Заготівельна дільниця	Отримання, зберігання і контроль якості компонентів (армувальних і матричних)
2	Просочувальна	Заготівельна дільниця	Отримання препрегу із вибраних компонентів
3	Викроювання	Дільниця викроювання заготовок	Надання необхідної форми і розмірів заготовкам препрегу
4	Формувальна	Дільниця формування	Формування деталі із викраєних заготовок
5	Твердіння	Дільниця здійснення твердіння КМ	Отримання заданих робочим кресленням та нормативною документацією властивостей деталі
6	Термічна обробка	Дільниця проведення термічної обробки	Зняття внутрішніх напружень, стабілізація розмірів
7	Контроль після ТО	Контрольна дільниця	Технічний контроль продукції, (відповід-

			ності властивостей, відсутності дефектів та відбраковка дефектної продукції)
8	Механічна обробка	Механічна дільниця	Надання деталі необхідних розмірів, геометрії, шорсткості у відповідності з робочим кресленням (свердління, фрезерування, полірування, нарізання різьби тощо)
9	Вихідний контроль	Контрольна дільниця	Контроль геометричних розмірів, форми, шорсткості, відхилення від овальності, конусності, площинності тощо

4.6 Розробка технології виробництва виробу

Отримання виробів з армованих пластиків допускає у ряді випадків можливість попереднього отримання заготовок, що полегшує можливість реалізації в готових виробах необхідного рівня експлуатаційних властивостей. При цьому важливою технологічною властивістю ПКМ є можливість формування виробу в умовах високої податливості висхідного матеріалу (препрегу), а потім, вже при сформованій геометрії, надання виробу необхідних механічних властивостей в процесі твердіння. Його ще називають формуванням.

Таким чином, технологічний процес можна розділити на два етапи: перший це отримання заготовки заданої форми і другий це її формування для досягнення необхідних властивостей, зокрема, високої міцності і жорсткості.

До основних способів отримання заготовок з армованих пластиків відносяться: викладення у формі, формування сухого пакету,

пултрузія і ролтрузія, наплення волокна і єднальної речовини, формування геометрії і структури плетінням, способи намотування, які детально охарактеризовані в роботі.

4.6.1. Розрахунок необхідної кількості волокон і зв'язувальної речовини для виготовлення даних деталей на річну програму

Як правило, виготовлення деталей починається з заготівельних операцій. Тому з метою раціонального використання ресурсів виробництва доречно провести розрахунки необхідної кількості волокон і зв'язувальної речовини для виготовлення даних деталей на річну програму. Наприклад визначаєм площу тканини потрібної для армування за площею деталі. Далі множимо отриману площу на задану кількість шарів армувальної тканини. Потім враховуючи ширину тканини яка підлягає розкроюванню визначаємо її потрібну довжину. Розділивши площу викроєних заготовок на площу використовуваної тканини визначаєм коефіцієнт використання матеріалу (КВМ). Помноживши використовувану площу тканини на її поверхневу густину отримаємо масу тканини, що потрібна для виготовлення однієї деталі.

$$M_c = \frac{0,01 \cdot M_a \cdot K_c \cdot K_n}{1 - K_c \cdot K_n \cdot 0,01}$$

де M_c – маса зв'язувальної речовини необхідної для просочування, кг; M_a – маса просочуваного матеріалу, кг; K_c – процентний вміст зв'язувальної речовини, %; K_n – коефіцієнт технологічних втрат.

4.6.2 Вибір матеріалу для виготовлення оснащення

Оснастка є носієм форми та розмірів деталі, що виготовляється. Вона забезпечує зберігання деталлю, що виготовляється, вказаних параметрів при дії технологічних чинників, зокрема, тиску і температури і відповідно повинна витримувати дані навантаження. Як матеріал для виготовлення оснастки, зокрема, форм використовують алюміній, сталь, деревину, кераміку, гіпс, пісоклейові суміші і ін. Визначальними при виборі матеріалу є значення параметрів формування, зокрема тиск, температура твердіння, серійність виробництва, коефіцієнт термічного розширення та ін.

З точки зору оптимізації процедури нагріву по конструкції оснащення можна дати деякі рекомендації. Зокрема, тонкостінна конструкція більш прийнятна, ніж монолітна, особливо при великих габаритах. Для нагріву тонкостінного оснащення потрібно менше енергії і часу. Простіше забезпечити заданий режим нагріву в силу меншої інерційності системи.

Коефіцієнт лінійного розширення оснащення і композиту має бути близький за величиною. Інакше оснащення може чинити негативний вплив на формовану деталь, особливо якщо її лінійні розміри великі, як, наприклад, при виготовленні лопаті гелікоптера або люка транспортного літака.

4.6.3 Вибір матеріалу шару, що розділяє виріб і оснащення

Як антиадгезійний шар, що розділяє деталь і прес-форму, застосовують плівки і змащувальні речовини. Визначальним параметром при виборі цього матеріалу є температура твердіння. Застосування плівок можливе тільки на поверхнях одинарної кривизни. При наявності поверхонь подвійної кривизни використовують змащувальні матеріали, які наносять напиленням або поліруванням.

4.7 Вибір технологічних режимів формування і термічної обробки виробу

При формуванні відбувається твердіння єднального (утворюється сітчаста структура у зв'язувальній речовині). У цей період створюється кінцева структура матеріалу, формуються його властивості і фіксується форма виробу. Твердіння єднального є результатом зростання молекул і утворення полімерної сітки під впливом каталізатора (отверджувача) і відповідних зовнішніх умов.

Нині існує багато різних способів формування виробів з ПКМ. Це пояснюється різноманітністю властивостей вихідних компонентів композитів, заготовок, напівфабрикатів, а також різними вимогами до міцності і інших параметрів виробів.

Для того, щоб забезпечити потрібні якості композиту, необхідно створити певні умови для твердіння єднального, що реалізується встановленням оптимальних значень технологічних параметрів. Зокрема, це *тиск, температура та швидкість їх зміни з часом*.

Підвищений тиск повинен виконати наступні функції: ущільнити шари матеріалу, завершити просочення волокна смолою, видавити з порожнеч леткі побічні продукти реакції, зосереджене повітря, а також надлишок смоли з шарів матеріалу.

Температурний режим формування є не менш важливим параметром ніж тиск. При виборі температури нагріву визначальною є вимога до умов полімеризації єднального. Крім того, на швидкість нагріву впливає конструкція виробу і формоутворювальної оснастки.

При виробництві виробів з композитів використовують зв'язувальні речовини холодного і гарячого затвердіння.

Для компаундів холодного твердіння досить кімнатної температури (20 °C). Необхідний час полімеризації приблизно 24 години. Проте вони мають суттєвий недолік, який полягає в тому, що після приготування зв'язувальної речовини її неможливо зберігати, оскільки вона починає твердіти одразу після введення отверджувача. А це призводить до того, що виробники змушені готувати зв'язувальну речовину малими порціями, що сильно знижує продуктивність і ускладнює процеси виробництва деталей. Тому для виготовлення деталей із конструкційних композитів найчастіше застосовують смоли гарячого затвердіння. Вони забезпечують матеріалу більш високу міцність і стабільність характеристик за часом і не твердіють тривалий час при зберіганні.

Режими формування і термічної обробки характеризуються наступними параметрами: швидкість нагрівання, температура нагрівання, час витримки та швидкість охолодження. За цими даними будуються графіки вказаних процесів в координатах "температура – час". Зокрема для полімеризації смол потрібна температура від (120 до 200) °C в залежності від типу смоли. Потрібний час витримки при температурі від двох до шести годин.

Істотний вплив на якість виробу чинить швидкість нагріву. Повільний нагрів і охолодження рекомендується в наступних випадках:

- при великій товщині виробу;
- для формування конструкцій інтегрального типу з елементами різної товщини і об'єму;
- при використанні масивної товстостінної оснастки.

У усіх цих випадках повільне підведення тепла дозволяє прогрівати матеріал і оснастку рівномірно за об'ємом. При цьому зводяться до мінімуму температурні деформації і залишкові технологічні напруження.

Препрег з оснасткою нагрівається по ступінчастому графіку. На горизонтальних ділянках відбувається поступове прогрівання матеріалу і вирівнювання температури за об'ємом. Крім того, повільний

нагрів сприяє повному виділенню з препрегу летких (газоподібних) фракцій розчинника.

Методи нагріву охарактеризовані в роботі.

Термічна обробка (термостабілізація). Окрім процедури нагріву, необхідної для затвердіння єднального, на виробництві використовується процес термообробки вже готового виробу з метою підвищення його якості. Цей процес дістав назву термостабілізація.

При виробництві деталей з ПКМ досить часто спостерігається явище нестабільності розмірів і геометричної форми виробу (викривлення). Причиною є значні внутрішні напруження, які утворюються в структурі композиту в процесі затвердіння. При зберіганні деталей відбувається релаксація внутрішніх напружень, яка супроводжується зміною геометричної форми. Якщо після формування охолоджену деталь знову нагрівати до температури склування, то процес релаксації значно прискорюється. На цьому явищі і ґрунтується операція термічної стабілізації розмірів і форми виробу.

Термостабілізація здійснюється шляхом нагрівання виробу разом з оснащенням, що фіксує його форму, до температури, що перевищує температуру склування на 40-50 °С. Швидкість нагріву має бути не вища 0,15-0,25 град/с. Час витримки при температурі стабілізації залежить від товщини стінок виробу. Він має бути достатнім для рівномірного прогрівання усіх перерізів деталі. Далі деталь охолоджується до кімнатної температури. У більшості випадків досить проводити один цикл термостабілізації. Для особливо точних виробів можна рекомендувати повторну дану операцію.

Режим термічної обробки складається з наступних параметрів: швидкість нагрівання, температура нагрівання, час витримки та швидкість охолодження. За цими даними будуються графіки ТО в координатах “температура – час”. При правильному виборі основних параметрів режиму ТО забезпечується отримання необхідної властивостей та якості виробів. При виборі швидкості нагрівання необхідно враховувати, що деталі із ПКМ необхідно нагрівати повільно внаслідок їх низької теплопровідності. наявністю в них підвищених внутрішніх напружень, і т.ін. При виборі температури нагрівання перш за все слід враховувати температури, які пропонуються в довідниках для певної операції термічної обробки матеріалу.

Вибір операцій ТО необхідно здійснювати таким чином, щоб технологія була високопродуктивною, забезпечувала б найбільш

раціональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів і головне – високу якість продукції. При виконанні цього підрозділу студенти мають користуватись знаннями набутими при вивченні дисциплін щодо технології термічної обробки, нагрівальних пристроїв та проектування підрозділів для здійснення термічної обробки. [Лахтін, Соколовський].

4.8 Оптимізація технології формування і термічної обробки виробу

Кожному конкретному співвідношенню єднального і арматури, а також інших чинників відповідатимуть свої значення технологічних параметрів. В процесі виробництва їх величину необхідно встановлювати і витримувати на оптимальному рівні. Оскільки теоретичне визначення оптимальних значень даних параметрів, як правило, не дозволяє встановити їх оптимальні значення з точністю яка б задовольняла вимоги реального виробництва, приходиться проводити експериментальні дослідження.

В даній ситуації, яка характеризується неповними знаннями щодо впливу змін умов виробництва на якість отримуемого КМ доцільно застосування методу планування експерименту. Тому при виконанні даного КП, з метою уточнення значень технологічних параметрів процесів формування і термічної обробки, пропонується застосувати саме метод планування експерименту. З тим, щоб не перенавантажувати даний КП однаковими методами, пропонується уточнення значень технологічних параметрів виконувати для одного із вказаних технологічних процесів. Тобто формування або термічної обробки. Для виконання цього підрозділу студенти мають користуватись знаннями набутими при вивченні дисципліни «Техніка і методика проведення експерименту» [Спірідонов].

4.9. Розробка технологічної карти

До технологічної карти повинні входити наступні дані: основні операції процесів формування і термічної обробки з наданням інформації про режими нагрівання та охолодження, про склад середовищ, температуру та час витримки; допоміжні операції, зокрема підсушування; оснащення, а також основне та допоміжне обладнання, за допомогою яких виконуються основні та допоміжні операції; методи контролю якості виробів.

4.10. Технічний контроль, попередження та виправлення дефектів

Рациональне використання цих операцій дозволяє попередити появу браку і надає можливість оцінити якість продукції, що обробляється. При цьому особливу увагу слід надавати наступним різновидам контролю: контроль технологічних параметрів, до яких слід віднести тривалість та температуру окремих операцій, склад атмосфери для захисту і таке інше; контроль розмірів та геометрії виробу, зовнішнього стану, шорсткості поверхні, наявності тріщин та інших поверхневих дефектів. Бажано надавати перевагу активному контролю над пасивним контролем, застосовувати, якщо це економічно доцільно, 100 %-й контроль неруйнівними методами.

Необхідно вживати профілактичних заходів для запобігання утворення браку. З цією метою аналізують можливі різновиди браку як виправного, так і невиправного на всіх стадіях виготовлення деталей. Описують засоби виправлення браку, а також заходи щодо його попередження. Описова частина цього питання завершується складанням таблиці, в якій послідовно викладаються види дефектів виробів, причини їх виникнення та заходи по запобіганню появи та усуненню дефектів на усіх технологічних операціях.

4.11. Автоматизація виробничих процесів

В цьому розділі бажано навести доцільність і можливості автоматизації виробничих процесів і технологічних операцій, що здійснюються при виготовленні даних деталей.

5. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПКМ

При виготовленні деталей із ПКМ можливий контакт працівників з шкідливими речовинами, що можуть вражати шкіру, дихальні шляхи, нервову систему, кровообіг, а при тривалій дії викликати гострі і хронічні захворювання. Наприклад, контакт людини з фенольними, карбамідними, епоксидними, поліефірними полімерами і пластмасами, а також з поліамідами, полвінілхлорідами, каучуками може бути причиною алергічних захворювань. Алергенним дією володіють виділяються з пластмас компоненти (мономері, стабілізатори, розчинники, отверджувачі), наприклад акрилонітрил, ароматичні аміни, бензол, толуол, ксилол, ацетон, малеїновий ангідрид.

Епоксидні полімери та пластмаси містять токсичні мономери (епіхлоргідрин, дифенілолпропан), отверджувачі (гексаметилендіамін, поліетиленполіамін), розчинники (толуол, ацетон), що володіють дратівливою слизові оболонки, алергенним і канцерогенну дію. Епіхлоргідрин діє на нервову систему і печінку, гексаметилендіамін - на склад крові і артеріальний тиск, поліетиленполіамін - на шкіру і слизову оболонку очей. Тому при розробці технології виготовлення деталей з ПКМ необхідно пропрацювати питання щодо техніки безпеки, надати рекомендації та розробити відповідні інструкції.

Зокрема, при роботі з конструкційними пластмасами необхідно дотримуватися таких правил. Розкрюювати рулони і листи слід в приміщеннях з нормальною температурою повітря. Щоб уникнути термічного розкладання пластмас і виділення шкідливих речовин температура нагрівання повинна не перевищувати встановлених значень більш ніж на 5-10 °С. В приміщенні, де проводиться нагрівання, забезпечується триразовий обмін повітря протягом години, робляться місцеві відсмоктувачі у робочих місцях; освітленість їх - не менше 30-35 лк. Якщо повітря забруднюється парами фенолу або стиролу, витягну вентиляцію необхідно здійснювати знизу, так як пар зазначених речовин важчий за повітря.

Висновки

У висновках коротко підсумовуються виконана робота, показують що зроблено у роботі, які знайдені нові або оригінальні сучасні рішення щодо технології виготовлення даної деталі із ПКМ, які одержані результати за рахунок проведених розрахунків.

Література

Базова

1. Джур Є.О. Полімерні композиційні матеріали в ракетно-космічній техніці: Підручник/ Є.О. Джур, Л.Д.Кучма, Т.А.Манько– К.: Вища освіта, 2003. –399с.

2. Спорягін, Е. О. Теоретичні основи та технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів : навч. посіб. / Е. О. Спорягін, К. Є. Варлан. – Д. : Вид-во ДНУ

3. Тхір І.Г. Фізико-хімія полімерів : навч. посіб./ І.Г. Тхір, Т.В. Гуменецький. – Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. – 240 с.

4. М.Л. Кербер Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин и др.; иод ред. А.А. Берлина. — СПб.: Профессия, 2008. —560 с.

5. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. / СПб.: НОТ, 2008. -820 с.

6. Производство изделий из полимерных материалов. / под ред. В.К. Крыжановского.- СПб.: Профессия, 2004. – 410 с.

7. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов – М.: Машиностроение, 1981 – 183 с.

Допоміжна

1. Власов, Э. Л. Основы технологии переработки пластмасс: учебник для вузов / С. В. Власов, Э. Л. Калиничев, Л. Б. Кандырин и др. — М.: Химия, 1995, — 528 с.

2. Брацыхин Е. А. Переработка пластических масс в изделие. Брацыхин Е. А., Миндлин С. С., Стрельцов К. Н. — М; Л.: Химия, 1966.

3. Ставров В.П., Дедюхин В.Г., Соколов А. Д. Технологические испытания реактопластов. — М.: Химия, 1981.-248 с.

4. Бунаков В. А., и др. Армированные пластики. Головкин Г. С., Машинская Г.П. — М.: Изд-во МАИ, 1997.-404 с.

5. Головкин Г. С., Волоконная технология переработки термопластичных композиционных материалов. Головкин Г.С., Гончаренко В.А., Дмитренко В.П. — М.: Изд-во МАИ, 1993. — 232 с.

6. Виноградов В. М. Остаточные напряжения в изделиях из композиционных материалов // Пластики конструкционного назначения (Реактоласты)/ Под. ред. Е. Б. Тростянской. - М.: Химия. 1974. - С. 46-74.

7. Виноградов В. М. Остаточные напряжения в изделиях из термопластов// Термопласты конструкционного назначения / Под. ред. Е. Б. Тростянской. — М.: Химия, 1975. — С. 83-110.

8. Воробей В. В., Маркин В. Б. Контроль качества изготовления и технология ремонта композитных конструкций. — Новосибирск: Наука, 2006. — 190 с

9. Барынин В. А., Будадин О. Н., Кульков А. А. Современные технологии неразрушающего контроля конструкций из полимерных композиционных материалов. — м.: Спектр, 2013. — 242 с.

10. Бакунов А. С., Мурашов В. В., Сысоев А. М. Контроль лопастей воздушного винта средствами низкочастотной акустики // Контроль. Диагностика. — 2012. — № 6. — С. 72–74.

11. Троицкий В. А. Флеш-радиография // Территория NDT. — 2013. — № 4. — С. 44–49.

Інформаційні ресурси

1. Google Академія <http://scholar.google.com.ua/>

2. Національна бібліотека України ім. В.І.Вернадського <http://www.nbuv.gov.ua/>

3. Наукова бібліотека ім. М.Максимовича. http://www.library.univ.kiev.ua/ukr/elcat/new/detail.php3?doc_id=950030

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0023-13#n16> [Про затвердження Правил охорони... | від 12.12.2012 № 1409 \(rada.gov.ua\)](#)

Додаток А

Приклад титульного аркушу пояснювальної записки до
курсового проекту (роботи)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра _____

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ
(РОБОТИ)

з дисципліни _____

на тему _____

Розробив

Ст. гр.

Керівник

Додаток Б

Приклад завдання для виконання курсового проекту
Форма №

Національний університет «Запорізька політехніка»
(найменування закладу вищої освіти)

Кафедра «Фізичне матеріалознавство»

Дисципліна «Технологія виробництва виробів із полімерних композиційних матеріалів»

Спеціальність 132 Матеріалознавство
(код і найменування)

Освітня програма Прикладне матеріалознавство
(назва освітньої програми)

З А В Д А Н Н Я
НА КУРСОВИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ

(прізвище, ім'я, по батькові)

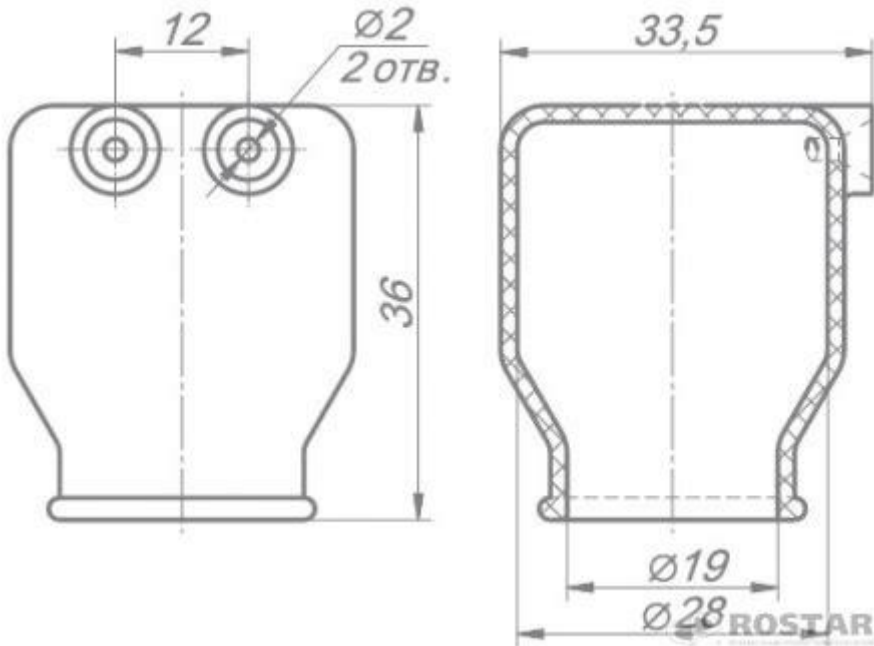
1. Тема проекту: «Розробити технологію виготовлення захисного ковпака із полімерного композиційного матеріалу»

керівник проекту (роботи) _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту. Виготовлення даної деталі передбачено з КМ армованого волокнами марки кевлар 49, що зв'язані епоксидною смолою ЕД-20м. Деталь слабо навантажена, містить вісім шарів волокон розташованих по колу і чотири шари волокон розташованих вздовж твірної. Загальна частка волокон становить 0,35. Її експлуатація передбачається при температурах від -30 °С до +150 °С в не агресивному середовищі. Річна програма випуску даних деталей становить 20 тис. шт.

Ескіз деталі



Ковпак захисний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.....

1. Характеристика та умови експлуатації даної деталі (ескіз, призначення, ступінь навантаження, температура, середовище).....

2. Характеристика матеріалів, що застосовуються для виготовлення деталі (волокна, зв'язувальна речовина).....

3. Розробка технології виробництва виробу.....

3.1 Обґрунтування вибору способу виготовлення деталі

.....

3.2 Маршрутна технологія виготовлення деталі.....	
3.3 Розрахунок необхідної кількості волокон і зв'язувальної речовини.....	
3.4 Вибір матеріалу для виготовлення оснащення.....	
3.5 Вибір матеріалу шару, що розділяє виріб і оснащення.....	
3.6 Вибір та оптимізація технологічних режимів твердіння виробу.....	
3.7 Вибір та оптимізація технологічних режимів термічної обробки виробу.....	
3.8 Розробка технологічної карти.....	
3.9 Технічний контроль, попередження та виправлення дефектів.....	
4. Техніка безпеки при виготовленні деталей із ПКМ.....	
5. Висновки.....	
Література.....	

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Ескіз деталі, схема процесу виготовлення деталі, графік процесу твердіння матеріалу, графік процесу термічної обробки матеріалу.

7. Дата видачі завдання «__» _____ 20__ року.

Додаток В

Календарний план виконання курсового проекту

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Керівник проєкту (роботи) _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« _____ » « _____ » 20 p.