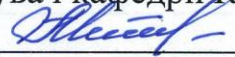


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНИЙ
Завідувач кафедри КМХТ
проф.  Олександр МІТЯЄВ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ВАКУУМНИМ

ФОРМУВАННЯМ
(тема дипломної роботи)

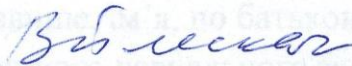
Розробив
студ. гр.БАД219



Артем СОКОЛЬСЬКИЙ

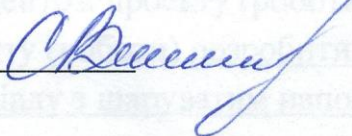
Консультанти:

к.т.н., доцент



Володимир ПЛЕСКАЧ

нормоконтролер



Віра САВЧЕНКО

2023 р.

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Будівництва, архітектури та дизайну

Кафедра Композиційних матеріалів, хімії та технологій

Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) бакалаврат

Спеціальність 132 Матеріалознавство

(код і назва)

освітня програма (спеціалізація) Композиційні та порошкові матеріали, покриття

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КМХТ Олександр МІТЯЄВ

« 29 » 03 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
СОКОЛЬСЬКОМУ Артему Ігоревичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розроблення технології виготовлення виробів вакуумним формування

керівник проекту (роботи) Плескач Володимир Михайлович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «29» 03 2023 р., № 75

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 02.06.2023 р.

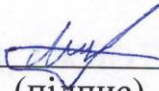
Вихідні дані до проекту (роботи) розробити технологію виготовлення виробу з композиційного матеріалу з шаруватим наповнювачем методом вакуумного формування

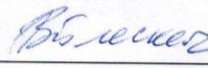
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) за вихідними даними обрати необхідні обладнання та оснастку, розробити технологію виготовлення виробу з усіма необхідними параметрами і додатковими матеріалами

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) типова технологічна карта розробленої технології

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№№ п.п.	Назва етапів дипломної роботи	Строк вико- нання етапів роботи	Примітка
	Вступ, розділ 1	25.05.2023	
	Розділ 2	30.05.2023	
	Розділ 3	02.06.2023	
	Попередній захист	02.06.2023	

Студент  (Сокольський А.І.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)  (Плескач В.М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи бакалавра «Розроблення технології виготовлення виробів вакуумним формуванням» має обсяг 30 с., 5 рис.

Пояснювальна записка містить відомості про можливості виготовлення виробів формуванням з використанням еластичної діафрагми. На підставі проведеного аналізу для виготовлення заданої типової деталі обране вакуумне формування. Для вакуумного формування обрані необхідні оснастка, композиційний матеріал, а також допоміжні матеріали.

Розроблена детальна технологія вакуумного формування для виготовлення типової деталі «Капот автомобіля».

Наведені небезпеки для робітників і довкілля при роботі з композиційними матеріалами, а також правила забезпечення безпеки робітників та охорони довкілля.

Ключові слова: ВАКУУМ, СКЛОТКАНИНА, ПРЕПРЕГ, ЕПОКСИДНИЙ СПОЛУЧНИК, ПОЛІМЕРІЗАЦІЯ, ЗАТВЕРДЖУВАЧ

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Вакуумне формування з еластичною діафрагмою	8
1.1 Особливості вакуумного формування	8
1.2 Технологія викладення композиту	9
1.3 Оснастка вакуумного формування	10
2 Особливості та етапи вакуумного формування	12
2.1 Вихідні дані для розроблення технології	12
2.2 Композиційні матеріали для вакуумного формування	13
2.3 Оснастка і обладнання для вакуумного формування	13
2.4 Структура технологічного процесу	14
3 Вимоги до безпеки та охорони довкілля	26
Висновки	28
Перелік посилань	29

ВСТУП

Сьогодні композиційні матеріали успішно конкурують з металами при виготовленні найрізноманітніших конструкцій. Композиційний матеріал складається з двох компонентів – матриці та наповнювачів. Його створення рівносильне створенню нового матеріалу, властивості якого кількісно та якісно відрізняються від властивостей кожного з його складників. Області їх застосування – від біотехнологій до літакобудування і будівництва – з кожним роком розширюється. Застосування композиційних матеріалів дозволяє знизити масу виробів при збільшенні корисного навантаження, підвищити корозійну стійкість і довговічність.

Для виготовлення виробів з композиційних матеріалів застосовують різноманітні технології. Вибір технології залежить як від форми і розмірів деталі, так і від складу композиційного матеріалу. Якщо наповнювачем служать дисперсні частинки, різані волокна, можна використовувати пресування або лиття під тиском. Якщо наповнювач – спрямовані неперервні волокна, використовують пултрузію або намотування. З композитів з шаруватими наповнювачами (наприклад, препрег, тканини), виготовляють вироби «коробчастої» більш-менш складної конфігурації зі стінками певної товщини. У цьому випадку використовують формування контактне або з використанням еластичної діафрагми.

Обидва останні методи мають спільні риси: в обох випадках основним обладнанням є форма, на яку наносять (викладають) композиційний матеріал, та інші необхідні інструменти. Технологія відрізняється головним чином способом створення тиску для оформлення виробу.

При виготовленні виробів з використанням еластичних діафрагм тиск у процесі формування може створюватись пневматично, в автоклаві або за допомогою вакууму. Серед них останній метод відрізняється порівняною простотою конструкції оснастки, дешевизною використовуваних матеріалів,

меншими енергетичними витратами. Тому для даної дипломної роботи поставлена задача розроблення технологічного процесу виготовлення виробу з композиційного матеріалу методом вакуумного формування. При цьому ставиться задача обрати оптимальні матеріали для форми і елементів оснастки, розробити послідовність (етапи) технологічного процесу, залежно від типу полімеру матриці визначити обладнання і режим полімеризації.

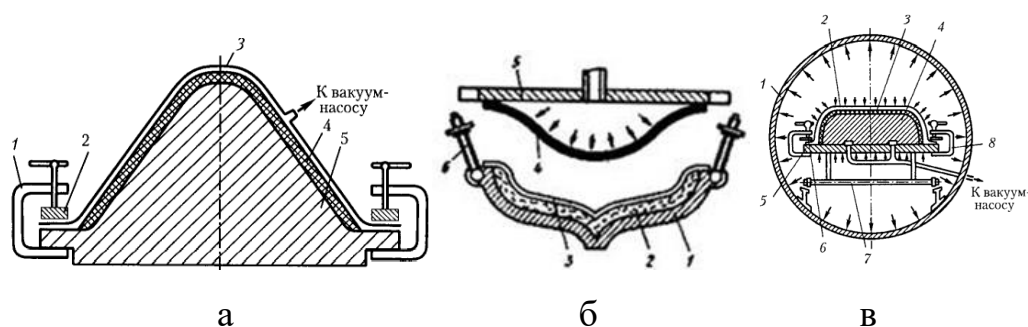
Кінцевим результатом роботи має бути типова технологічна карта розробленої технології.

РОЗДІЛ 1

ВАКУУМНЕ ФОРМУВАННЯ З ЕЛАСТИЧНОЮ ДІАФРАГМОЮ

1.1 Особливості вакуумного формування

Вакуумне формування відноситься технологій, які використовують як один з головних формувальних елементів еластичну діафрагму [1 – 3]. До цієї групи відносяться вакуумне, пневматичне і автоклавне формування (рис. 1.1).



а – вакуумне: 1 – затискач; 2 – притискаюча планка; 3 – еластична діафрагма;
4 – виріб; 5 – форма;

б – пневматичне: 1 – форма; 2 – виріб; 3 – дренажна тканина; 4 – еластична
діафрагма; 5 – кришка; 6 – затискні болти;

в – автоклавне: 1 – автоклав; 2 – еластична діафрагма; 3 – виріб; 4 – форма;
5 – плита; 6 – притискне кільце; 7 – візок; 8 – струбцина

Рисунок 1.1 – Формування з еластичною діафрагмою

Суть формування полягає у тому, що на жорстку форму викладають композиційний матеріал, накривають еластичною діафрагмою і над нею створюють необхідний для формування тиск. Тиск повинен ущільнити шари композиційного матеріалу, витиснути з нього леткі матеріали і повітря, витиснути надлишки смоли з шарів матеріалу. Принципова різниця цими видами формування полягає у способі створення тиску. При вакуумному способі формування здійснюється під атмосферним тиском; при пневматичному – газом

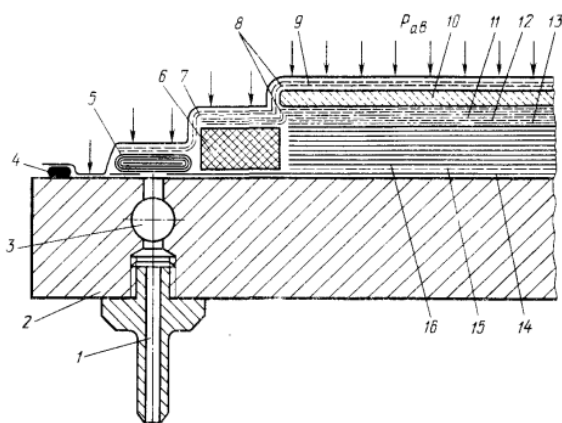
(або повітрям) під високим тиском між діафрагмою і кришкою. Автоклавне формування здійснюється в автоклаві, де можна одночасно створювати і тиск, і температуру полімеризації.

У композитах для виготовлення виробів використовуються суміші, в яких матрицею служать термопластичні та термореактивні полімери[9]. Найчастіше це епоксидні та поліефірні смоли, полівінілові ефіри, полііміди. Часто використовують термопластичні препреги.

Як наповнювачі використовують скляні, арамідні, вуглецеві і борні волокна.

1.2 Технологія викладення композиту

На підготовлену поверхню форми спочатку наносять антиадгезійне покриття – пастоподібний парафін або гелькоут, а зверху ще розділювальну полімерну плівку [4,9,10] (рис. 1.2).



- 1,3 – вакуумні канали; 2 – форма; 4, 5 – ущільнення діафрагми;
 6 – розділювальна лівка; 7, 8 – обкладні листи; 9 – еластична діафрагма;
 10 – проміжна плита; 11, 12 – дренажна тканина; 13 – роздільна плівка;
 14 – гелькоут; 15 – плівка; 16 – виріб

Рисунок 1.2 – Схема викладання при вакуумному формуванні

На плівку викладають призначені для виготовлення виробу просочені шари тканин або матів, препрегу та прикочують валиком для створення контакті між шарами та видалення повітря. На зовнішню поверхню виробу викладають дренажні тканини, здатні адсорбувати надлишок смоли з виробу; поверх них - перфоровані обкладні листи з алюмінію або склопластику 1...2 мм завтовшки. Іноді поверх них ще накладають шари грубої тканини, щоб не допустити прилипання еластичної діафрагми до пакету виробу. При вакуумному формуванні еластична діафрагма становить останній шар викладки пакету перед стисканням.

По краях діафрагму притискають до форми, герметизують і підготовляють до вакуумування.

Перевагами вакуумного формування є простота і дешевизна технології, відсутність обмежень за розмірами виробу, безпечність виконання робіт, недоліки – низька продуктивність, обмеження тиску при формуванні до 0,1 МПа.

1.3 Оснастка вакуумного формування

Головний елемент оснастки – форма. Ця жорстка конструкція може бути позитивною (опуклою) і негативною (увігнутою) [3, 5, 6]. Позитивна форма контактує з внутрішньою поверхнею виробу та гарантує йому низьку шорсткість; і навпаки, негативна форма - високу якість зовнішній поверхні виробу.

До матеріалу форми висуваються такі вимоги [4,12]: достатні дешевизна, технологічність і міцність, висока корозійна і теплостійкість; бажано, щоб його коефіцієнт теплового розширення дорівнював коефіцієнту теплового розширення матеріалу виробу.

Матеріал форми обирається головним чином залежно від розміру замовлення на виготовлення виробу, розмірів виробу та температури під час

формування. Якщо партія не перевищує 10 шт., то форму можуть виготовити з деревини або гіпсу. Форми з гіпсу мають низьку твердість і значну пористість на робочій поверхні. Для підвищення їх довговічності робочу поверхню покривають восковою композицією.

Форми виготовляють також з теплостійких шаруватих пластиків і кераміки. Кераміка має високу теплостійкість, але низький коефіцієнт теплового розширення, і вона крихка.

При високих партіях виробів форми виготовляють з металів – зі сталі чи алюмінію. Сталь найбільше підходить за коефіцієнтом теплового розширення. Форми з алюмінію легші й зручніші, але мають занадто великий коефіцієнт теплового розширення.

Матеріал діафрагми має бути достатньо міцним, витримувати температуру полімерізації матеріалу виробу, мати високу газонепроникність та бути хімічно стійким до композиту. Найчастіше для виготовлення діафрагм використовують гуми, зокрема силісанову гуму. Проте гуми мають невисокий термін служби – не більше 1500...1800 формувань.

Для герметизації вакуумної порожнини використовують спеціальні герметизуючі джгути і різноманітні клейкі стрічки.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ТА ЕТАПИ ВАКУУМНОГО ФОРМУВАННЯ

2.1 Вихідні дані для розроблення технології

Технологія, що розробляється у даній дипломній роботі, призначається для виготовлення деталей типу «Капот автомобіля». Такі деталі мають двовимірну характеристику: довжину і ширину. Вони можуть бути плоскими або мати деяку кривизну. Наявність певної кривизни конфігурації не створює труднощів для технології з точки зору об'єму. Основною третьою характеристикою для них є товщина виробу.

Звичайно конструктором задаються основні габаритні розміри (наприклад, 1700 x 1250 мм) і товщина виробу (3...7 мм). Може бути заданий конкретний склад композиційного матеріалу або він узгоджується додатково на підставі технологічних можливостей виробництва.

Конфігурація оснастки для даного виробу порівняно проста, її легко виготовити з основних матеріалів – метали, шаруваті пластики. Товщина виробу визначатиметься видом полімеру і матеріалом наповнювача. Його обирає конструктор з метою забезпечення необхідної міцності і витривалості в експлуатації.

Як показує попередній аналіз, форма і розміри виробу, а також вимоги до якості виробу, висунуті конструктором, уповні можуть бути задовільнені при використанні вакуумного формування, тому у даній дипломній роботі розроблятиметься технологія вакуумного формування для запропонованого виробу.

2.2 Композиційні матеріали для вакуумного формування

Для виготовлення елементів кузова автомобіля найчастіше використовуються епоксидні та поліефірні смоли, полівінілові ефіри, поліімідні тощо. За узгодженням з конструктором у даній роботі основною зв'язкою обрано епоксидний сполучник Епофлекс-09 по ТУ У 23981176.015-2008. Його виготовляють з епоксидної смоли і отверджувача у співвідношення 5:1 за масою.

Як наповнювач передбачається використання склотканини Т-10-14(92) ГОСТ 19170-2003 [8,12] або як замітника - препрега на її основі. Для досягнення необхідної товщини виробу тканина викладається у декілька шарів.

Під час виконання технологічного процесу можуть використовуватися додаткові матеріали (наприклад, розчинники - ацетон, бензин) з метою покращення умов формування пакету композиту.

2.3 Оснастка і обладнання для вакуумного формування

Для даного виробу використовується увігнута форма (матриця). Оскільки полімеризація проходитиме при підвищених температурах, важливо, щоб коефіцієнти температурного розширення матеріалу композиту і форми були близькі. З цієї точки зору і з урахуванням виготовлення великої партії виробів найкращим матеріалом є алюміній. Перед використанням її поверхню шліфують для отримання високої якості поверхні виробу. Поверхневі дефекти, які виникають під час експлуатації, при необхідності шпаклюють.

Еластична діафрагма - основний елемент вакуумного мішка - повинна бути гнучкою, герметичною, міцною, тепло- і хімічно стійкою до композиту. Промисловістю випускаються високоеластичні багатошарові плівки для

вакуумування з силіконової гуми, поліамідів товщиною 50 мкм з температурною стійкістю до 170...205⁰С.

Для утримання смоли і одночасного видалення з композиту повітря застосовуються розділювальні плівки. Вони вготовляються перфорованими з поліетилену, поліамідів товщиною до 30 мкм і температурною стійкістю до 180⁰С.

Для всмоктування витисненої при формуванні зайвої смоли використовуються так звані дренажні тканини. Це нетканий матеріал, який виготовляється з дезорієнтованих волокон джуту, лавсану, поліетилену і з'єднується клеями або голкопробивним способом.

Для створення під еластичною діафрагмою достатнього вакууму (13...24 Па) використовують так звані форвакуумні насоси поршневого і ротаційного типу. Вони здатні створювати вакуум від 67 до 0,013 Па.

Полімеризацію виріб проходить під еластичною плівкою при зберіганні вакууму (а отже й тиску) в електричній печі опору при температурі до 180⁰С.

2.4 Структура технологічного процесу

2.4.1 Розкрій склотканини

Для створення виробу з композиційних матеріалів, необхідно виконати розкрій «тканини» - наповнювача; для цього підійде, наприклад, склотканина Т-10-14(92) ГОСТ 19170-2003[8,12], яка добре просочується епоксидною сумішшю, має високі механічні властивості та добре себе зарекомендувала в авіаційної промисловості (рис. 2.1).

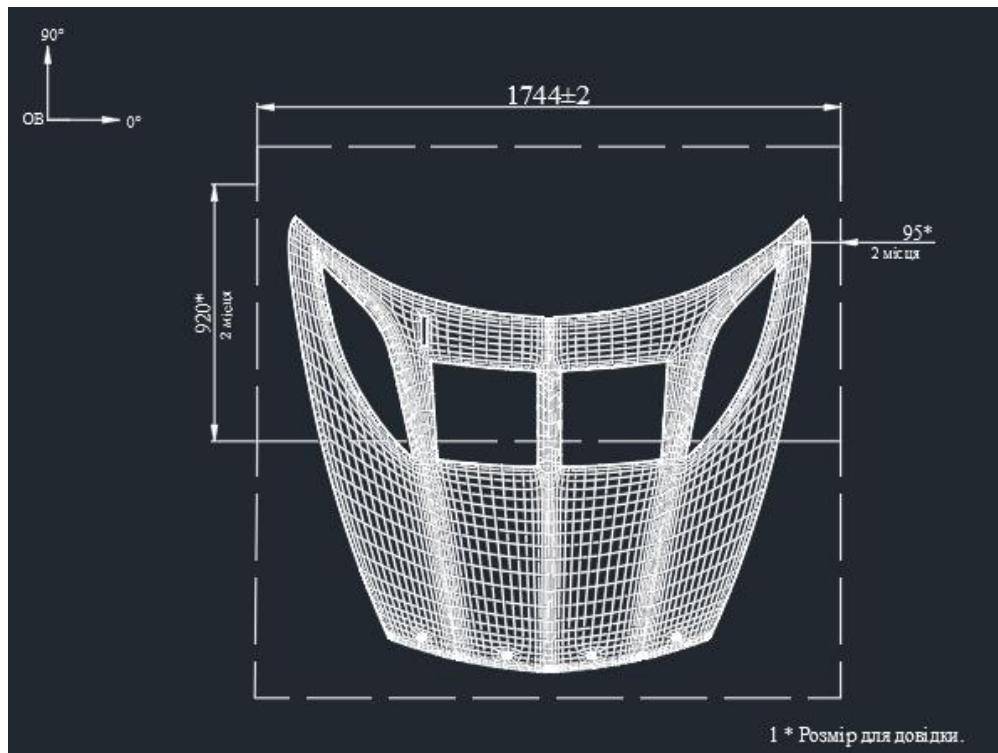


Рисунок 2.1 - Розкрій склотканини

При розкрії тканини треба розрахувати, скільки дати матеріалу на припуск, напрямлення волокон в рулоні, габаритні розміри рулону та витрати матеріалу на виготовлення виробу, кількість шарів для отримання необхідної товщини деталі. Для отримання товщини капоту у 3,2 мм необхідно виконати розкрій склотканини Т-10-14(92) ДСТУ ГОСТ 19170-2003 розмірами 1744x920 мм з нахилом тканини 0° - 20 штук на виріб (рис. 2.2). При викладці необхідно буде змінювати кут, що буде забезпечувати ортогональне розташування волокон в матеріалі, а це у свою чергу поліпшить жорсткісні й міцнісні характеристики матеріалу при різноспрямованому розтягу, згині та інших видах навантаження.

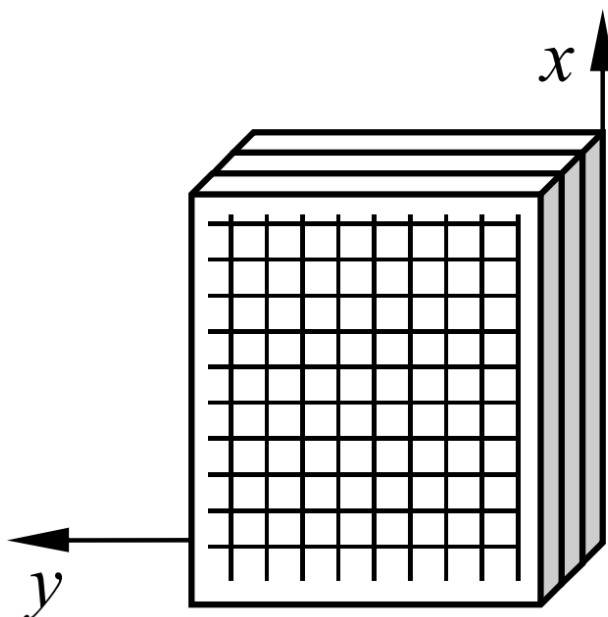


Рисунок 2.2 – Схема викладення шарів з утворенням куту основи 90° та 0° .

Якщо в одній групі шарів кожний шар викладається з однаковим кутовим розташуванням волокон, то ця група може вважатися одним шаром з товщиною, що дорівнює сумі товщин окремих шарів, які входять у набраний пакет з шарів (інструмент – ножиці звичайні, обладнання – стіл слюсарний).

Можливе виконання розкрою на автоматизованому розкрійному комплексі (плотарі) або на іншому обладнанні, яке має бути спеціалізованим для розкрою скловолоконних тканин або за потреби - препрегів. Кількість закладених у заготовку шарів обумовлена номінальною товщиною просоченої склотканини Т-10-14 епоксидним сполучником Епофлекс-09, яка становить приблизно $0,32 \pm 0,03$ мм. Теоретичний розрахунок необхідної при викладанні кількості шарів показує, що склотканина, просочена епоксидною двокомпонентною сумішшю Епофлекс-09 має після просочення густину $0,150 \text{ г/см}^3$, що дозволяє виконати приблизний розрахунок маси виробу.

2.4.2 Сушіння склотканини

Для подальшого виготовлення виробу необхідно просушити склотканину Т-10-14 в печі для видалення зі складу склотканини летких речовин – таких, як мастило, волога, спирт та інших. Для цього склотканину відпалюють при температурі $250\pm 10^{\circ}\text{C}$ протягом 5 годин. При невикористанні висушеної склотканини одразу необхідно її упакувати в герметичні поліетиленові мішки та зберігати при температурі $18\dots 26^{\circ}\text{C}$.

При випадковому попаданні вологи на склотканину або після зберігання у неналежних умовах її необхідно знову просушити при температурі $140\pm 10^{\circ}\text{C}$ протягом 90 хвилин для видалення адсорбованої вологи.

Сушіння склотканини виконують в електропечі опору. Обладнання: піч «Winsconsin», або інші аналогічні електропечі. Операція сушіння склотканини необхідна для забезпечення кращого проникнення епоксидної суміші між волокнами, що покращує композиційні характеристики виробу: збільшує адгезію між наповнювачем (склотканина Т-10-14) та матрицею (Епофлекс-09).

Якість сушіння перевіряється таким способом.

Склотканину нагрівають над газовим пальником, при цьому з поверхні склотканини не повинно випаровуватися волога або парафіну. В результаті такого термооброблення допускається зміна кольору склотканини від світло-жовтого до світло-коричневого.

2.4.3. Підготовка оснастки під викладання препрегу

Робоча поверхня оснастки (матриці) повинна бути ретельно відполірована, не мати тріщин, подряпин та забруднень. При необхідності робочу поверхню матриці шліфують, використовуючи водостійку шліфувальну шкірку, змочену

водою, поступово знижуючи номер зерна від М40 до М14, а потім полірують полірувальними колами з полірувальною пастою М-50 або М-100.

Знежирення поверхні оснастки.

Необхідно знежирити поверхню оснастки Нефрасом (бензином), який наноситься безворсовою серветкою, з витримкою 10...15 хв. Перед кожним повтором необхідно виконувати знежирення поверхні доти, поки на серветці не зістанеться й слідів бруду. Після цього знежиріють поверхню оснастки ацетоном 1..2 рази з витримкою 10...15 хв. Операцію треба виконувати у чистих нестерильних рукавичках. Після знежирення поверхні матриці необхідно її накрити поліетиленовим чохлам для захисту обробленої поверхні від попадання зовнішніх вкраплень бруду, вологи або інших домішок. Після виконання цієї операції брати матрицю в роботу необхідно не пізніше 6 годин після знежирення поверхні. В іншому випадку операцію знежирення треба повторити. В роботу необхідно брати матриці без слідів подряпин, задирок або вм'ятин. Одночасно необхідно перевіряти відхилення поверхні матриці під викладання або набор пакету з шарів препрегу від математичної моделі, щоб уникнути у подальшому виготовленні браку та недотримання конструкторських вимог стосовно виробу.

2.4.4. Нанесення антиадгезійного покриття.

На даному етапі формування виробу вакуумним способом необхідно нанести антиадгезійну суміші або рідину. Така підготовка оснастки під викладку потрібна для роз'єднанні заготовки і матриці після полімеризації епоксидної суміші. У випадку виготовлення матриці з неметалевого матеріалу у зв'язку з її великими габаритними розмірами та великою масою звичайно використовується високотемпературний розділовий віск Mold Blue Wax, який буде краще заповнювати пори або інші мікродефекти поверхні оснастки, на відміну від рідкого Frekote 770 NC, виготовленого Німецькою фірмою Henkel. Рідина Frekote

770 NC підходить для низькотемпературних режимів полімеризації (не більше 60°C). При вищих температурах краще використовувати його аналог - Frekote 800 NC (для металевих матриць). Вибір розділової речовини залежить від подальшої технології виготовлення.

У склад високотемпературного розділового воску Mold Blue Wax входять карнаубський віск, терmostійкі смоли та синтетичні воски. Він може витримувати температури до 110°C, що необхідно при швидкій полімеризації виробу. Він може забезпечувати приблизно 10...15 знімів виробу, тобто при нанесенні розділового воску на оснастку, його оновлення необхідно після виготовлення 10...15 виробів з цієї матриці, але на практиці такий режим використання розділового воску не завжди виправдовується.

Режим нанесення розділового воску Mold Blue Wax на поверхню оснастки згідно з практичним використанням у виробничих умовах:

- необхідно нанести тонкий рівномірний шар м'якою чистою серветкою;
- сушити 10...15 хвилин, до утворення білого нальоту;
- полірувати до блиску чистою абсорбуючою безворсовою тканиною;
- через 10...15 хвилин повторити попередні переходи;
- після першого зняття виробу необхідно нанести ще 2..3 шару воску, повторюючи попередні операції;
- після другого зняття виробу нанести ще один шар суміші; після цього воскове покриття можливо використовувати багаторазово.

Якщо виникають проблеми зі зняттям виробу з матриці, необхідно нанести ще один додатковий шар воску. Цей віск наносять при температурі 16...28°C.

Перевірку на якість виконання нанесення антиадгезійної суміші проводять, капаючи на оброблену поверхню матриці краплею дистильованої води. Якщо крапля не стікає або залишає після себе сліди, необхідно повторне нанесення розділового воску. У такому випадку наносять 1..2 шари воску і просушують матрицю з витримкою 15...20 хвилин при температурі 25±5°C. Після нанесення

додаткового розділового воску, поверхню оснастки необхідно покрити розділовою плівкою.

2.4.5 Приготування епоксидного сполучного

Епоксидне сполучне Епофлекс-09 ТУ У 23981176.015-2008 призначене для виготовлення армованих пластиків (скло-, вугле-, органопластиків), для створення високонаповнених покриттів з великою міцністю і хімічною стійкістю, а також володіє високою просочувальною здатністю. Його перевагою є діапазон робочих температур після просочення епоксидним сполучним під навантаженням від мінус 40°C до плюс 80°C, а без навантаження – до +200°C.

Епоксидне сполучне Епофлекс-09 випускається у вигляді двох компонентів: компонент I (смоляна частина) і компонент II (затверджувач). Компоненти змішуються безпосередньо перед використанням у масовому співвідношенні 100:20 відповідно.

Для приготування епоксидного сполучного в емальований посуд, з алюмінієвих сплавів, скла, порцеляни або поліетилену необхідно відважити необхідну кількість епоксидної смоли. В окрему тару з таких же матеріалів відважують необхідну кількість затверджувача та перемішати обидва компоненти металевією мішалкою 2...3 хв. або неметалевим шпателем. Витрати сполучника на робочу поверхню: 100...150 г/ м². Одночасно з приготовленого епоксидного сполучного Епофлекс-09 виготовляють зразки-свідки (50 г).

Життєдіяльність епоксидної суміші після приготування - 30...60 хв., але при збільшенні сполучного до 200 мл життєздатність становить 15...25 хв. при температурі 25°C та 20°C відповідно. Час життєдіяльності відраховується від моменту закінчення перемішування. Час затвердження до утворення стану геля - 3...5 годин, до стану придатного до механічного оброблення, - не менше 18 годин,

а повна полімеризація відбувається при температурі 15...30°C протягом 5...7 днів.

Не допускається додавання свіжого сполучного до раніше приготовленої суміші та розведення загуслого сполучного розчинником. Треба уникати потрапляння у сполучне води або інших сторонніх речовин і нагрівання смоли до температури більше 60°C. Також забороняється брати в роботу сполучне, в якого закінчився термін використання, або в якому утворився осад.

2.4.6 Виготовлення препрегу для подальшої викладки матеріалу

Просочення склотканини Т-10-14 епоксидним сполучним Епофлекс-09 проводиться таким чином.

На стіл викладають роздільну плівку Airtech MR1/MR2 (розміром 1800x1000мм, без перфорації), на неї - просушену склотканину Т-10-14(92). Епоксидне сполучне Епофлекс-09 наноситься на поверхню тканини, поверхню розгладжують валиком або шпателем. При розгладжуванні епоксидне сполучне та його рештки витискають від центра до краю тканини.

Виконати цей перехід для решти заготовок.

2.4.7. Викладка препрегу на оснастку

Викладення заготовки склонаповнювача на матрицю проводиться за наступною схемою (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Викладка наступних шарів препрегу.

Склонаповнювач розрівняти, розгладити складки, намагаючись досягнути його повного прилягання до матриці. Розгладити склотканину гумовим шпателем або прикатати спеціальними роликami, які при прикочуванні, видаляючи надлишки сполучного. Видалення сполучного проводити у напрямку від середини до країв заготовки. Контролювати візуальну наявність складок, якість прилягання склотканини до поверхні матриці.

Наступні шари заготовок склотканини викладають у тій же послідовності, що й перший. Викладку проводять, чергуючи горизонтальне та вертикальне розташування заготовок у матриці відповідно до рис.2.1 та 2.3. Формування необхідно проводити без перерв (викладаючи «мокре» до «мокрого»). У разі перерв, тривалість яких перевищує 18 годин, необхідно підготувати відкриту поверхню шляхом закурювання шліфшкуркою з зерном R180...220 та виконати знежирення поверхні. Перші два шари заготовки необхідно викласти із зазором 2 мм, наступні шари повинні перекривати місця з'єднання на 100...150 мм.

При викладці необхідно з поверхні кожного наступного шару знімати роздільну плівку, яку використовували для просочення скловолна. Складки та

забоїни не допускаються. Після цього розгладити поверхню шпателем або валиком і зняти роздільну плівку. Наявність розділової плівки при викладці наступних шарів не допускається.

При виникненні складок, які не можливо усунути методом прикочування, необхідно проколоти місце дефекту та ще раз прикатати валиком.

2.4.8 Створення вакуумного мішку та вакуумування

Поверх створеного пакету необхідно укласти роздільну плівку Airtech MR1/MR2 (розміром 1800x1000мм) для створення поділу між жертвовною тканиною та препрегом. Роздільна плівка служить для відведення надлишків епоксидної смоли через існуючі в ній отвори і для створення можливості після полімеризації виробу демонтувати вакуумний пакет. Далі наноситься жертвовна тканина Esonorply E (розмір 1800x1000мм). Вона у свою чергу виконає функцію «всмоктувальної губки» у вакуумному пакеті. Наступним викладається дренажний матеріал (ковдра) Esonoweave 22 (розмір 1800x1000мм), який може виконувати функції жертвовної тканини або служить для залишкового поглинання сполучного. Таким чином, вакуумна плівка захищається від жертвовної тканини, що дає можливість багаторазового використання її.

Далі наноситься вакуумна плівка Stretchlon 700 (розмір 2000x1200мм). Для забезпечення герметичності вакуумного пакета по контуру виробу наноситься герметизувальний джгут AT 200 Y, який одним боком кріплять по контуру майбутнього виробу, а іншим - до вакуумної плівки. При одноразовому використанні вакуумної плівки замість багаторазового та коштовного джгута допускається використовувати липку стрічку, наприклад, плівку Airhold1CBS або інші її аналоги, які також витримують високу температуру при прискореній полімеризації.

Останньою деталлю у вакуумному пакеті є вакуумні штуцери, які необхідно розташувати у кількості 2 штуки. Вони мають знаходитись на відстані один від одного не менше 900 мм. Рекомендується розташовувати їх на місцях майбутніх вікон виробу.

До штуцерів та вакуумного насоса підключаються вакуумні шланги, забезпечуючи захист від попадання у них мастила або інших вогнебезпечних речовин. Одночасно до устаткування підключається соленоїдний вхідний клапан і вакуумметр, здатний вимірювати вакуумний тиск до 0,08 МПа.

Після герметизації пакета виконується вакуумування з тиском 0,08 МПа. Після досягнення заданого тиску штуцери у вакуумному пакеті перекриваються, шланги від'єднуються. Через 1 годину необхідно перевірити вакуумметром тиск у пакеті. Якщо тиск впаде більше, ніж на 0,01 МПа, треба перевірити герметичність пакету та повторити вакуумування[11].

2.4.9 Полімеризація виробу

При холодній полімеризації виріб у вакуумному мішку витримується 24 години при температурі 18...30°C. Після 18 годин витримки можна проводити механічне оброблення виробу.

Для отримання збільшеної деформаційної термостійкості та ударної в'язкості можлива полімеризація виробу при температурі 80±5°C протягом не менше 4 годин.

2.4.10. Механічне оброблення

Після зняття вакуумного мішка з виробу виконується зняття деталі з матриці за допомогою клинів з твердих порід деревини. Кут клина повинен бути $10...15^\circ$, довжина - від 200 до 300 мм, ширина - 30...40 мм[13].

Після зняття виробу з матриці необхідно обрізати облой, що утворився, та вирізати у виробі вікна. По утвореному контуру виробу проводиться ретельне оброблення пневматичною шліфмашинкою зі шліфувальною шкуркою з зерном R180...220. Для отримання необхідних радіусів та їх контролю необхідно використовувати радіусомір №2[14].

При необхідності на виріб наносять ґрунтовку, наприклад ЕП-076 ТУ 6-10-755-82. Перед її нанесенням виріб шліфують зерном R400...500 та знежирюють оброблену поверхню. Також можливе оброблення відкритих кромek виробу епоксидним сполучним Епофлекс-09 або гелькоутом.

Контроль виробу на розшарування після виготовлення проводять за допомогою простукування металевим стрижнем діаметром 5...7 мм із закругленим кінцем. При наявності розшарування виявляється звук глухий, деренчливий; якщо ні - то звук тонкий, дзвінкий, чистий. При виявленні дефекту можливий ремонт виробу. Якщо розшарування розташоване глибоко у виробі то виріб проколюють та нагнітають у середину сполучне. Усунення поверхневих дефектів можливе як зачищенням поверхні та накладенням невеликих шматків просоченої сполучним склотканини з наступною зашліфовуванням місця дефекту або шпаклюванням шпаклівкою на основі епоксидних сполучників або гелькоутом.

РОЗДІЛ 3

ВИМОГИ ДО БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Процеси з виготовленням виробів на основі склотканини та епоксидних сполучників пов'язані з наявністю палих і токсичних речовин, утворенням при механічному обробленні скляного пилу[15].

Сполучні речовини на основі епоксидних смол, їх затверджувачі, пластифікатори здійснюють дратівну дію при контакті зі шкірою, а при тривалій інгаляційній дії призводять до гострих отруєнь. Під впливом епоксидних смол можуть утворюються різні форми дерматитів та екзем, часто алергічного характеру.

Гранично-допустимі норми концентрації летких речовин у повітрі виробничої зони:

- епіхлоргідрин – 1 мг/м³;
- етилендіамін – 2 мг/м³.

Розчинники, що входять у склад лакофарбових матеріалів і матеріалів для знежирювання поверхонь, відносяться до легкозаймистих рідин, які можуть створювати з повітрям вибухонебезпечні суміші. Пари розчинників шкідливо впливають на центральну нервову систему, можуть викликати запаморочення, головні болі або при високих концентраціях діяти наркотично.

Технологічне оснащення повинно відповідати вимогам ПУЕ та нормам пожежної безпеки.

Всі роботи з композиційними матеріалами необхідно проводити з використанням засобів індивідуального захисту[15]. Для захисту органів дихання треба використовувати протипилові респіратори типу ШБ-1 «Пелюстка» або фільтруючий респіратор У-2К, протигазовий універсальний респіратор РУ-60М з патронами марки А або респіратори фірми 3М з фільтрами. Для захисту рук треба використовувати гумові рукавички. Рекомендується наносити на шкіру захисні

дерматологічні засоби: пасти, креми, мазі. Роботи повинні проводитися з використанням бавовняних халатів, захисних окулярів, косинок.

При контакті з хімічними речовинами необхідно промити місця ураження під проточною водою з милом та звернутися за медичною допомогою. Перед їжею необхідно також промити руки та обличчя з милом. Приймання їжі за робочим місцем, де виготовлялися або наносилися хімічні речовини, заборонено.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз можливостей виготовлення типової деталі «Капот автомобіля».

2. Після вибору способу формування вивчені та описані конструкція обладнання і оснастки, які використовуються при вакуумному формуванні.

3. На підставі літературних даних і виробничої практики вибрані конструктивні елементи необхідної оснастки (матриці).

4. На підставі конструктивних вимог і технологічних особливостей виготовлення типової деталі обрані склад композиційного матеріалу і необхідних допоміжних матеріалів.

5. При виконання даної дипломної роботи розроблена детальна технологія виготовлення типової деталі «Капот автомобіля» з композиційного матеріалу на основі епоксидного сполучника.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Митропольський І.Є., Грицак Р.В. Вакуумна техніка: Навчальний посібник, Ужгород. Видавництво УжНУ «Говерла», 2018. – 138 с.
2. Техніка створення вакууму : навч. посіб. / Р. М. Шеремета ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 188 с.
3. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів К.: Вища освіта, 2006. 260 с.
4. Полімерні композиційні матеріали в ракетно-космічній техніці: підручник / Є.О.Джур, Л.Д.Кучма, Т.А.Манько та ін. К.: Вища освіта, 2003. 399 с.
5. Сокольський О.Л., Сівецький В.І., Мікульонок І.О. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас: навч. посібник. К.: НТТУУ «КПІ», 2014. 130 с.
6. Мікульонок І.О. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів. К.: КПІ ім. І.Сікорського, 2020, 293 с.
7. Копань В.С. Композиційні матеріали. К.: унів. вид. «Пульсари», 2004. 198 с.
8. ДСТУ ГОСТ 19170-2003 Скловолокно. Тканина конструкційного призначення. Технічні умови. [Введений у дію 01.07.2003]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2003. 26 с.
9. Реми Детер и Жерар Фройер, Введение в полимерные материалы, Париж, Лавуазье – Техника и документация, 1997, 215 с.
10. Чарльз Б. Арендс, «Повышение прочности полимеров», Нью-Йорк, Марсель Деккер, сб. «Пластмасса инжиниринг» 1996, 415 с.
11. D.E. Walsh Do It Yourself Vacuum Forming for the Hobbyist, Workshop Publishing, Lake Orion, MI, 2002.
12. ДСТУ 2242-93 Склопластики конструкційні. Типи, технологія, властивості. Терміни та визначення.

13. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: Навч. посібник / Н. С. Равська, П. Р. Родін, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук.- Ж.: ЖІТІ, 2000. — 332с.

14. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.

15. НПАОП 24.1-1.02-81. Правила безпеки при роботі з епоксидними смолами в установах, організаціях і на підприємствах Академії наук СРСР.