

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Прикладне матеріалознавство та технології конструкційних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.П. Гапонова

«__» _____ 2022 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема: «Дослідження впливу складу полімерного композитного «сендвіча» багатофункціонального застосування на його фізичні та механічні властивості»

Студент МТ.м-11

Даниленко А.М.

Керівник

Дегула А.І.

Консультант
з економічної частини

Берладір Х. В.

Консультант
з охорони праці

Говорун Т. П.

Нормоконтроль

Дегула А. І.

Суми

2022

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра «Прикладне матеріалознавство та технології конструкційних матеріалів»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ О.П. Гапонова
«__» _____ 2022 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Даниленко Аліни Миколаївни

1. Тема проекту (роботи) «Дослідження впливу складу полімерного композитного «сандвіча» багатофункціонального застосування на його фізичні та механічні властивості», затверджена наказом по університету від «01» листопада 2022 р. №0996-VI.

2. Термін здавання студентом закінченого проекту (роботи) 15.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) склад полімерного композитного «сандвіча» багатофункціонального застосування, його фізичні та механічні властивості

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити) В пояснювальній записці належить опрацювати наступні питання:

- літературний огляд, аналіз проблеми на сьогоднішній день;
- розробити методику проведення експерименту, вибір матеріалів та обладнання;
- провести експериментальні дослідження: виготовлення зразків, визначення теплопровідності, щільності, міцності при стисканні зразків, макроструктурний аналіз;
- в економічній частині розкрити питання теоретичних відомостей та методики розрахунку витрат, провести розрахунки;
- в п'ятому розділі розкрити питання охорони праці, охорони довкілля та техніки безпеки;
- зробити загальні висновки по роботі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Результати роботи та літературний огляд слід доповнювати рисунками і таблицями. Обов'язковими є таблиці з фізико-механічними властивостями матеріалів, макро- і мікроструктури, зображення основного і допоміжного обладнання, яке використовували під час проведення експериментів

6. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Говорун Т.П.	10.11.2022 р.	
Економічна частина	Берладір Х.В.	16.11.2022 р.	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літературних джерел та вибір основних напрямів дослідження	10.11.2022 р.	виконано
2	Загальна методика та основні методи дослідження	20.11.2022 р.	виконано
3	Експериментальні дослідження та загальні результати	10.12.2022 р.	виконано
4	Економічна частина	15.12.2022 р.	виконано
5	Охорона праці, довкілля, та техніка безпеки	15.12.2022 р.	виконано

7. Дата видачі завдання 01.11.2022 р.

Студент _____

А.М. Даниленко

Керівник проекту _____

А.І. Дегула

АНОТАЦІЯ

Даниленко Аліна Миколаївна. Дослідження впливу складу полімерного композитного «сендвіча» багатофункціонального застосування на його фізичні та механічні властивості.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістр за спеціальністю 132.00.02 – Прикладне матеріалознавство. – Сумський державний університет, 2022р.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню впливу вибору матеріалу для виготовлення полімерного композитного «сендвіча», дослідженню його фізико-механічних властивостей.

За результатами досліджень системно досліджено існуючі технології виготовлення, матеріали, фізико-механічні властивості полімерного композитного «сендвіча» багатофункціонального застосування.

На основі проведених експериментів отримали дані, які дозволяють розробляти «сендвіч» матеріали із заданими фізико-механічними властивостями.

Проведено випробування зразків на визначення міцності при стисканні, густини, теплопровідності. Вивчена макроструктура зразків ПКМ сендвіч панелей.

Ключові слова:ПКМ, СКЛОВОЛОКНО, ПІНОПОЛИСТИРОЛ, ЕПОКСИДНА СМОЛА, МІЦНІСТЬ, СЕНДВІЧ .

SUMMARY

Danylenko Alina Mykolayivna. Investigation of the influence of the composition of a polymer composite "sandwich" of multifunctional application on its physical and mechanical properties.

Qualification work for obtaining a master's degree in the specialty 132.00.02 - Applied materials science. – Sumy State University, 2022.

The qualification work is devoted to the study of the influence of the choice of material for the manufacture of a polymer composite "sandwich", to the study of its physical and mechanical properties.

According to the research results, the existing manufacturing technologies, materials, physical and mechanical properties of the polymer composite "sandwich" of multifunctional use were systematically investigated.

On the basis of the conducted experiments, we obtained data that allow the development of "sandwich" materials with specified physical and mechanical properties.

Samples were tested to determine compressive strength, density, and thermal conductivity. The macrostructure of PCM sandwich panel samples was studied.

Key words: PCM, FIBERGLASS, FOAM POLYSTYRENE, EPOXY RESIN, STRENGTH, SANDWICH.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПКМ – полімерні композиційні матеріали;

HV – твердість за Віккерсом;

τ , год – час;

H_{μ} , ГПа – мікротвердість;

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування.

σ_b , МПа – поріг міцності;

σ_t , МПа – поріг текучості;

ψ , % – відносне подовження;

δ , % – відносне звуження;

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра включає в себе сторінки - 69, у тому числі 8 таблиць, 16 рисунків, бібліографії із 35 літературних джерел.

Мета роботи – підвищення рівня фізико-механічних властивостей багатофункціонального полімерного композитного «сендвіч» матеріалу шляхом направленою вибору матеріалу та аналізу впливу будови «сендвіч» матеріалу на його експлуатаційні властивості.

Завдання дослідження – провести аналіз матеріалів, будови та методів виготовлення полімерного композитного «сендвіча» багатофункціонального застосування з високими фізико-механічними властивостями. Проаналізувати вплив вибору матеріалу і будови «сендвіча» на його фізико-механічні властивості. На основі отриманих результатів зробити висновки та рекомендації.

Об'єкт дослідження – матеріали для виготовлення полімерного композитного «сендвіча».

Предмет дослідження – фізико-механічні властивості полімерного композитного «сендвіча».

Методи досліджень – визначення теплопровідності, щільності, міцності при стисканні зразків, макроструктурний аналіз; при вирішенні поставленого завдання використовувалися стандартні методи дослідження.

Наукова новизна: встановлено вплив зміни складу та конструкції полімерного композитного «сендвіча» на його фізико-механічні властивості.

Ключові слова: ПКМ, СКЛОВОЛОКНО, ПІНОПОЛИСТИРОЛ, ЕПОКСИДНА СМОЛА, МІЦНІСТЬ, СЕНДВІЧ .

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	12
1.1 Сучасні сендвіч-структури.....	12
1.2 Пінопласт. Склад і властивості.....	15
1.3 ПКМ, що використовуються для виготовлення сендвіч-структур.....	18
1.4 Властивості полімерної матриці.....	19
Висновок до розділу 1.....	23
РОЗДІЛ 2.....	24
МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ.....	24
2.1 Матеріали дослідження.....	24
2.2 Визначення міцності на стиск при 10% лінійній деформації.....	29
2.3 Визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі.....	30
2.4 Визначення щільності зразків.....	35
2.5 Макро - і мікроаналіз пластмас.....	35
Висновок до розділу 2.....	39
РОЗДІЛ 3 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	40
3.1 Виготовлення зразків.....	40
3.2 Визначення щільності зразків.....	43
3.3 Визначення міцності на стиск при 10% лінійній деформації.....	44
3.4 Визначення теплопровідності при стаціонарному тепловому режимі.....	45
3.5 Макроаналіз поверхні зразків сендвіч матеріалів.....	47
Висновок до розділу 3.....	50
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	52
4.1 Загальні теоретичні відомості.....	52
4.2 Методика розрахунку витрат.....	53

Висновок до розділу 4.....	56
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	57
5.1 Техніка безпеки при роботі з полістиролом.....	57
5.2 Заходи проти отруєння.....	58
5.3 Правила зберігання отруйних речовин.....	59
5.4 Протипожежні заходи.....	60
5.5 Заходи з охорони довкілля.....	61
Висновки до розділу 5.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

СУМДУ

ВСТУП

Сендвіч-структурований композит - це особливий клас композиційних матеріалів, який виготовляється шляхом прикріплення двох тонких, але жорстких листів до легкого, але товстого сердечника. Матеріал осердя зазвичай є матеріалом з низькою міцністю, але його більш висока товщина забезпечує сендвіч-композит високою жорсткістю при згинанні із загальною низькою щільністю.

Зазвичай, в якості основних матеріалів використовують пінопласти з відкритим і закритим осередком, такі як полівінілхлорид, поліуретан, поліетилен або пінополістирол, деревина бальзи, синтаксичні піни, металеві піни та стільники [1].

Вибір оптимальної сендвіч-структури зазвичай ґрунтується на різних умовах, пов'язаних з несучою здатністю, продуктивністю та конструкцією компонентів. Легкі та жорсткі сендвіч-панелі є життєво важливим елементом багатьох сучасних літаків та конструкцій космічних апаратів.

Актуальність теми – створення полімерних композитних сендвічей з високими фізико-механічними властивостями є актуальним сучасним завданням в будівництві, авіації, судобудуванні та інших напрямках.

Мета роботи – вибір матеріалу та конструкції для виготовлення полімерного композитного «сендвіча» багатofункціонального застосування з високими фізико-механічними властивостями.

Завдання дослідження – провести аналіз матеріалів, конструкцій і технологій виготовлення полімерного композитного «сендвіча» багатofункціонального застосування з високими фізико-механічними властивостями. Проаналізувати вплив вибору матеріала і конструкції «сендвіча» на його фізико-механічні властивості. На основі отриманих результатів зробити висновки та рекомендації.

Об’єкт дослідження – матеріали для виготовлення полімерного композитного «сендвіча».

Предмет дослідження – фізико-механічні властивості полімерного композитного «сендвіча».

Методи досліджень – визначення щільності, теплопровідності, міцності при стисканні, макроструктурний аналіз; при вирішенні поставленого завдання використовувалися стандартні методи дослідження.

Обладнання: обладнання для формування матеріалів, лабораторний прес, аналітичні ваги, металографічний мікроскоп.

Наукова новизна: встановлено вплив зміни складу та конструкції полімерного композитного «сендвіча» на його фізико-механічні властивості.

Практичне значення отриманих результатів. Досліджено вплив зміни складу «сендвіча» на його фізико-механічні властивості, що дозволяє розробляти і виробляти матеріали із заданими властивостями.

Особистий внесок. Автору належить аналіз літературних даних, визначення мети та постановки завдання дослідження, виготовлення зразків, проведення випробувань та оформлення роботи.

Дипломна робота магістра включає в себе 69 сторінки, у тому числі 8 таблиць, 16 рисунків, бібліографії із 35 літературних джерел.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Сучасні сендвіч-структури

Стільникова сендвіч-конструкція Honeycomb (рис.1.1) є однією з найцінніших конструкторських інновацій, розроблених в індустрії композитів.

Іноді стільникова структура заповнена іншими пінами для додаткової міцності. Хоча вони легкі і жорсткі, стільникові сендвіч-структури потребують місцевої арматури в місцях фіксації, таких як вставки [1].

Відкриті кромки сендвіча потребують посилення та захисту для запобігання ударостійких ушкоджень та проникнення вологи. Широко використовується в аерокосмічній та багатьох інших галузях промисловості, стільниковий сендвіч забезпечує такі основні переваги в порівнянні зі звичайними матеріалами: дуже низька вага, висока жорсткість, довговічність, економічність виробничих витрат [1,2].

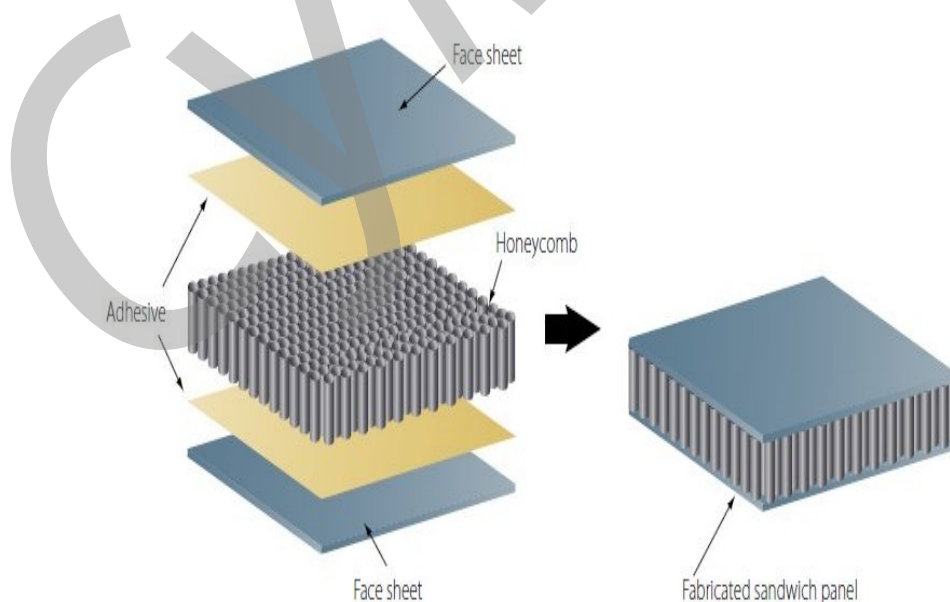


Рисунок 1.1 - Стільникова сендвіч-конструкція Honeycomb.

Сендвіч-структури з алюмінієвої піни – Admatis (рис.1.2) має досвід виготовлення стільникових сендвіч-структур. Стільникове ядро виготовлено з алюмінієвого сплаву. Сендвіч з алюмінієвої піни (AFS) є продуктом сендвіч панелей, який виконаний з двох металевих щільних лицьових листів і металевої пінопластової серцевини з алюмінієвого сплаву AFS. Є конструкційним матеріалом завдяки своєму співвідношенню жорсткості до маси і поглинання енергії, ідеальному для застосування, наприклад, оболонці високошвидкісного поїзда або захисної конструкції космічних апаратів. Що стосується зв'язку між листами та пінопластом, то обробка AFS поділяється на два напрями: зв'язок *ex-situ* та *in-situ* [3].

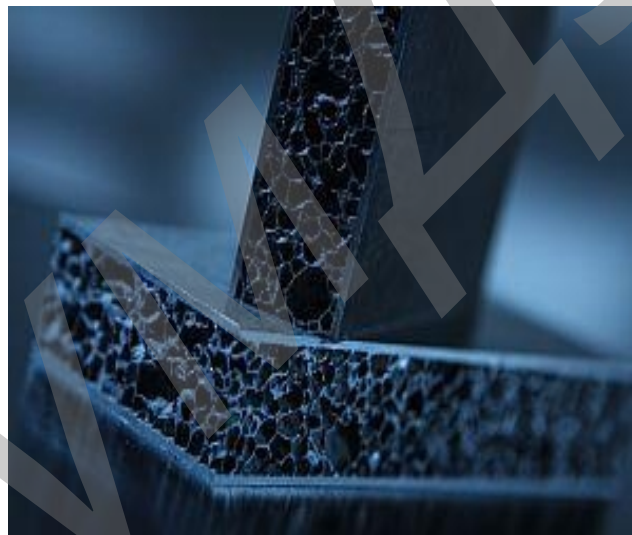


Рисунок 1.2 - Сендвіч-структури з алюмінієвої піни- Admatis.

Склеювання за допомогою *Ex-situ* досягається шляхом з'єднання лицьових листів з ядром з алюмінієвою піною шляхом склеювання, паяння або дифузійного склеювання. Піни, що використовуються в цьому методі, є замкненими або відкритими осередками. Коли використовується піна із закритими осередками, вона виготовляється з алюмінієвих сплавів або шляхом рідкого металу, або за методом порошкової металургії. Ядро з відкритим осередком виготовлено з алюмінію та інших металів. Лицьові

листи вибираються з різних алюмінієвих сплавів та інших металів, таких як сталь [2].

Для литих листів in-situ сердечником є пінопласт із закритими осередками. Метою склеювання на місці є створення металевого зв'язку між пінопластовим сердечником та листами. Це досягається трьома способами. Вспінюванням та розширенням між двома листами. Коли рідка піна входить у контакт із твердими лицьовими листами, встановлюється металевий зв'язок.

Це важко зрозуміти, тому що окислення алюмінієвих лицьових листів та піни запобігає утворенню міцного зв'язку. Інша стратегія полягає в тому, щоб швидко затвердити поверхню розплавленого металу, що спінюється до того, як вона може пінитися в щільну шкіру, в той час як внутрішня частина металу переходить в структуру піни. Третій спосіб досягнення склеювання на місці полягає у ущільненні металевих порошків разом із листами [3,4].

Цей сендвіч-компактний вузол проходить через кілька етапів прокатки для досягнення бажаної товщини попередника та лицьового листа. Після чого цей тришаровий композит нагрівають для перетворення шару серцевини на пінопласт [5]. Admatis має досвід у виготовленні сендвіч-панелей із пінополістиролу з використанням AFS ex-situ.

Сендвіч-панелі з пінопласту ROHACELL. ROHACELL - це жорстка піна із закритими осередками, заснована на хімії поліметакриламід (PMI), яка не містить будь-яких ХФУ (рис.1.3). Аерокосмічна промисловість давно використовувала як легкий конструкційний матеріал, такий як Rohacell, що також знижує вартість сендвіч-матеріалів через його надійність процесу. Наприклад, лопаті ротора гвинтокрила все частіше виготовляються з композитних матеріалів Rohacell сендвіч [6].



Рисунок 1.3 – Використання піни Rohacell для виготовлення сендвіч панелей (матеріали фірми «TASUNS» КНДР).

1.2 Пінопласт. Склад і властивості

Пінопласти [8] — газонаповнені пластмаси з пористою структурою, які складаються з комірок, що не сполучаються, отримані з синтетичних смол; характеризуються низькою щільністю та високими тепло- і звукоізоляційними характеристиками.

Виготовлення

Отримують пінопласт методом спінювання гранулполістиролу — термопластичний полімер. Після спінювання вони оброблюються розігрітою водяною парою, після цього уся процедура повторюється.

Циклічні процеси спінювання дозволяють значною мірою зменшити густину гранул полістиролу, що веде до зменшення їх ваги. Після вторинного спінювання пінопласт потребує сушки. Сушка полягає у видаленні залишкової вологи з поверхні пінополістиролу (всередину вода не потрапляє — пінопласт водонепроникний матеріал) [7].

Сушка відбувається на відкритому повітрі — саме на цьому етапі повітря заповнює пори матеріалу і він набуває закінченої форми. Розмір гранул може варіюватися від 5 до 15 міліметрів.

Висушений пінополістирол потребує формування. Оброблений матеріал пресується за допомогою спеціальних верстатів і піддається

третинній обробці гарячою парою. В результаті формування він виглядає як блок білого кольору певної товщини. Блок нарізається на потрібні форми. Пінопласт може бути нарізаний не лише відповідно до типових параметрів, але і відповідно до індивідуальних розмірів, що вимагаються для конкретного будівництва [8].

Нарізка пінополістиролу робиться на верстатах з горизонтальним і вертикальним типом нарізки. При різанні його структура не ушкоджується, формування проходить швидко. Єдина технологічна умова: температура в цеху, де йде нарізка, не повинна опускатися нижче 18 °С, інакше пінопласт зламається (розкришиться).

Ще одна особливість виробництва: і сама технологія, і сировина коштують відносно дешево, що дозволяє значно знижувати вартість кінцевого продукту. Можна з упевненістю сказати, що пінопласт не лише безпечний і надійний утеплювач, він також є одним з найдешевших [11].

Низька ціна матеріалу у поєднанні з його функціональністю роблять його особливо популярним в цивільному будівництві.

Властивості

Пінопласт має високу стійкість до різних речовин, включаючи морську воду, сольові розчини, ангідрид, луги, розведені і слабкі кислоти, мила, солі, добрива, бітум, силіконові масла, спирти, склеювальні, водорозчинні фарби. Інертний по відношенню до неорганічних будівельних матеріалів — бетону, вапна, цементу, гіпсу, піску тощо, але частково розкладається під дією органічних розчинників, смол, бітумних розчинів [13,14].

Пінопласт не розчиняється і не набухає у воді, практично не вбирає вологу, довговічний і стійкий до гниття. Він не засвоюється тваринами і мікроорганізмами, тому не використовується ними як корм і не створює живильного середовища для грибків і бактерій.

Пінопласти володіють високими теплоізоляційними властивостями за умови, що температура експлуатації (конкретного виду пінопласту) не перевищує температури його деструкції (руйнування, втрати структури).

Пінопласти надзвичайно легкі матеріали, завдяки чому вони досить зручні в монтажі, укладанні і кріпленні [11].

Пінопласти, дозволені до застосування в будівництві і для упаковки, не є токсичними матеріалами, деякі його види (наприклад, пінополістирол) припустимі для контакту з харчовими продуктами, що дозволяє широко використовувати його як упаковку продуктів харчування і для одноразового посуду (проте слід інформувати споживача про небезпеку його нагрівання).

Без спеціальних домішок пінопласти легко спалахують від полум'я або іскри. Прагнучи знизити горючість пінопластів, в них вводять негорючі і вогнегасні домішки, таким чином з'явився самозгасний тип пінопластів. Такий пінопласт подібний до брили вугілля— його ніяк не підпалити від сірника або іскри, але в багатті він горить дуже добре [13].

Пінополістирол при горінні виділяє такі самі гази, як і при спалюванні деревини (CO — чадний газ, CO_2 — вуглекислий газ).

Пінополістирол легко руйнується під впливом багатьох технічних рідин (бензолу, дихлоретану, ацетону) та їх парів, що слід враховувати в тому числі при виборі лакофарбових матеріалів у будівництві. В нижчих спиртах, низькомолекулярних аліфатичних вуглеводнях, простих ефірах, фенолах і воді пінополістирол нерозчинний [15].

Пінопласт не схильний до дії мікроорганізмів, не створює сприятливого середовища для розвитку водоростей і грибів.

Застосування

Пінопласт застосовують у вигляді спінених гранул, блоків і плит, а також роздроблених відходів пінопласту.

Пінопласт (в основному пінополістирол) застосовується для теплоізоляції існуючих споруд і використовується як утеплювач при будівництві котеджів, будівель, промислових об'єктів [12]. Вологостійкі якості пінопласту роблять його незамінним для утеплення підземних частин будівлі, фундаментів, стін підвалів, цокольних поверхів, де застосування інших видів теплоізоляції неприпустимо унаслідок капілярного підняття

грунтових вод. Застосування пінопласту оберігає гідроізоляцію від шкідливої дії довкілля.

При оздобних роботах використовуються декоративні елементи, зроблені з формованого пінополістиролу — стельові плитки, розетки, плінтуси, молдинги. Також пінополістирольний пінопласт застосовують в холодильному устаткуванні, суднобудуванні, для зведення плавучих пристаней, понтонів; виробництві упаковки, побутових товарів, харчових продуктів[15].

1.3 ПКМ, що використовуються для виготовлення сендвіч-структур

Склопластик – вид композиційних матеріалів – пластичні матеріали, що складаються зі скловолокнистого наповнювача (скляне волокно, волокно з кварцу та ін.) і сполучної речовини (термореактивні та термопластичні полімери).

Склопластик – матеріал з малою питомою вагою та заданими властивостями, що має широкий спектр застосування. Склопластики мають дуже низьку теплопровідність (приблизно, як у дерева), міцність як у сталі, біологічну стійкість, і атмосферостійкість. Схильний до вологонасичення і водонасичення, стирання [16].

Отже, склопластики поступаються сталі за абсолютними значеннями межі міцності, але в 3,5 рази легше її і перевершують сталь за питомою міцністю. При виготовленні рівноміцних конструкцій зі сталі та склопластику, склопластикова конструкція буде у кілька разів легшою. Коефіцієнт лінійного розширення склокомпозиту близький до скла (становить $11-13 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$), що робить його найбільш придатним матеріалом для світлопроникних конструкцій. Щільність склопластику, отриманого шляхом пресування або намотування, становить 1,8-2,0 г/см³.

Донедавна склопластики використовувалися переважно в літакобудуванні, кораблебудуванні та космічній техніці. Широке застосування склопластиків стримувалося, в основному, через відсутність промислової технології, яка дозволила б налагодити масовий випуск профілів складної конфігурації з необхідною точністю розмірів. Це завдання успішно вирішено із створенням пултрузійної технології. Існує досить багато методів, що дозволяють масово виробляти склопластикові вироби різної конфігурації, необов'язково профілі - наприклад, РТМ, вакуумне формування [12-14].

Таким чином, склопластики є одним із найдоступніших і недорогих композиційних матеріалів. Основні витрати при виробництві виробів зі склопластику припадають на технологічне обладнання та робочу силу, витрати на яку великі за рахунок трудомісткості та великих тимчасових витрат на виробництво.

Відповідно, на даний момент вироби зі склопластику програють за ціною виробами з металу через трудомісткий і тривалий процес виклеювання склопластикових деталей, що викликає великі труднощі при масовому виробництві. Найбільш вигідне використання склопластику при дрібносерійному виробництві. Великосерійне виробництво стає вигіднішим при використанні вакуумного формування. Також вигідним може бути і контактне формування, якщо ціна робочої сили невелика [16].

Отже, склопластик фарбується, декорується, покривається плівками ПВХ і натурального шпону, чудово піддається всім видам механічної обробки (свердлиться, пилиться і т.п. - проте при цьому утворюється вкрай канцерогенний пил, що легко в'їдається в шкіру, що вимагає ретельного захисту задіяного персоналу). Склопластик має задовільну атмосферостійкість за умови наявності захисного покриття, проте погано переносить абразивний знос (наприклад, від піску, що летить з дороги), досить крихкий і з роками може деформуватися [17].

1.4 Властивості полімерної матриці

Полімерну матрицю для композиційних матеріалів обирають з огляду на умови експлуатації виробів. Від матеріалу матриці значно залежать властивості композиту: міцність, тепло- і вологостійкість, стійкість до дії агресивних середовищ, методу отримання виробу [14].

Полімери як матриця використовують або в чистому вигляді (порошки, гранули, листи, плівки), або у вигляді сполучних.

Сполучне являє собою дво- або багатокomпонентну систему із синтетичного полімеру та затверджувачів, ініціаторів або каталізаторів, прискорювачів затвердіння. У сполучне з метою надання необхідних технологічних та експлуатаційних властивостей можуть бути додані розчинники, барвники, пластифікатори, стабілізатори та інші компоненти.

При виробництві армованих пластиків найчастіше застосовують терморективні сполучні, при нагріванні яких відбуваються незворотні структурні та хімічні перетворення; безперервно розширюється використання термопластичних полімерів та еластомерів [17].

Епоксидні смоли (ЕС) - мономерні, олігомерні або полімерні розчинні сполуки, до складу молекул яких входить не менше двох епоксидних або гліцидилових груп (рис. 1.4):

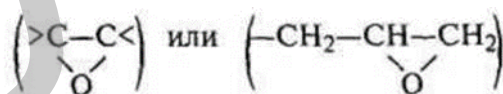


Рисунок 1.4 – Будова молекули епоксидної смоли.

Одержання ЕС проводиться при конденсації в лужному середовищі епіхлоргідрину або дихлоргідрину гліцерину зі сполуками, що містять рухомі атоми водню (фенолами, амінами, гліколями, кислотами), а також при прямому епоксидуванні ненасичених сполук органічними пероксикислотами.

Реакція між епіхлоргідрином та дифенілолпропаном призводить до отримання дианової ЕС (рисунок 1.5) [19]:

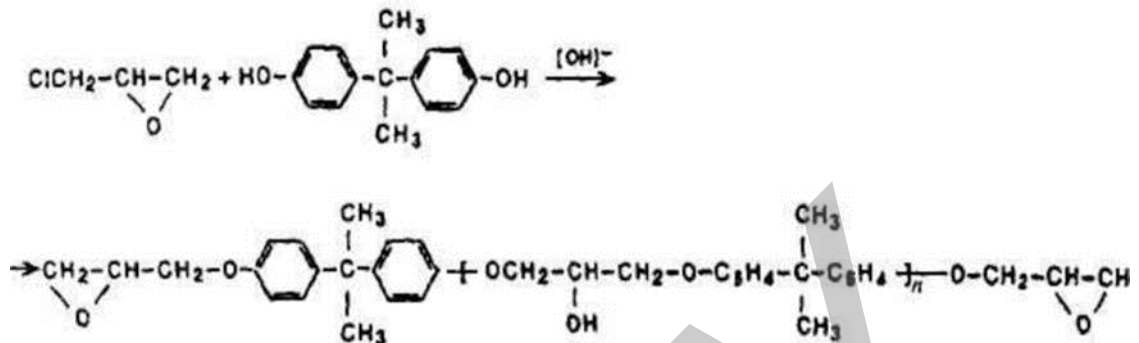


Рисунок 1.5 – Будова молекули дианової епоксидної смоли.

Незатверджені смоли є термопластичними в'язкими рідинами або крихкими твердими речовинами.

У молекулах дианових смол є функціональні групи двох типів - епоксидні та гідроксильні. Тому отверджувачами цих смол можуть бути з'єднання різних класів, а режими затвердіння варіюються в широкому діапазоні: як без підведення тепла, при нагріванні у воді.

Дианові ЕС з молекулярною масою нижче $600\text{-}1000$ °С є рідкими продуктами, вище 1000 °С- склоподібними продуктами. Смоли розчиняються в кетонах, ефірах, ароматичних вуглеводнях; мають високу стійкість до дії лугів, солей, окислювачів, органічних розчинників. Полімерні композиційні матеріали, виготовлені на основі епоксидних смол, володіють високими механічними властивостями [18-19].

Технологія отримання матеріалів на основі епоксидних смол полягає в просоченні волокон, тканин, паперу; затвердінні та обробці методами прямого пресування, контактного формування, вакуумного формування та ін. Температура переробки становить $20\text{...}180$ °С.

У таблиці 1.1 представлені для порівняння характеристики деяких металевих, полімерних матеріалів конструкційного призначення та вуглепластиків.

Таблиця 1.1

Властивості деяких конструкційних матеріалів [4]

Матеріал	Щільність, кг/м ³	Міцність при розтягуванні, МПа	Модуль Юнга, ГПа	Питома міцність, $e \cdot 10^3$, м ² /с ²	Питомий модуль, $E \cdot 10^6$, м ² /с ²
Вуглепластик	1450–1600	780–1800	120–130	53–112	9–20
Склопластик	2120	1920	69	91	3,2
Високоміцна сталь	7800	1400	210	18	2,7
Алюмінієвий сплав	2700	500	75	18	2,7
Титановий сплав	4400	1000	110	28	2,5
Поліамід 6,6	1140	82,6	28	7,24	0,24
Поліамід 6,6+40 мас. % скловолокна	1460	217	112	8,87	0,77
Поліамід 6,6+40 мас. % вуглецевого волокна	1340	280	238	21,0	1,92

Як видно з табл. 1.1, за показниками питомої міцності та жорсткості вуглепластики перевершують практично всі найбільш широко використовувані конструкційні полімерні та металеві матеріали. Цікаво відзначити, що такий порівняно неміцний полімерний конструкційний матеріал, як поліамід, при введенні в нього вуглецевих волокон за

показниками питомої міцності і жорсткості наближається до металевих конструкційних матеріалів.

Висновок до розділу 1.

У першому розділі розглянута конструкція сучасних інноваційних сендвіч-матеріалів, досліджені їх фізико-механічні властивості та галузі застосування. Підібрані матеріали для виготовлення експериментальних зразків сендвіч панелей. Наведені фізико-механічні властивості матеріалів, які використовують для виготовлення експериментальних зразків сендвіч конструкції.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ

2.1 Матеріали дослідження

2.1.1 Епоксидна смола LH 289

LH 289 Епоксидна смола з дуже низькою в'язкістю. Вона підходить для виробництва композитів, а також верхнього шару штучного каменю. При нормальних температурах зберігання кристалізація не відбувається. Перевагою сумішей смоли і закріплювача є її прозорість [21].

Особливості: смола при 0-10 °С ясна, без помутніння. Створює систему низької в'язкості, яка дозволяє добре змочувати. Поточні бульбашки зміщуються з поверхні ламінату. Технологія приблизно від 15 хвилин до близько 5 годин в залежності від затвердіння агента. Термостійкість продукту без істотних змін їх параметрів: від 50 до 100 °С.

Обробка: при температурах від 10 градусів °С до 50 градусів °С, всі звичні способи переробки системи ламінування шкіри при кімнатній температурі. Для затвердіння при кімнатній температурі 10-30 °С можна наносити на різні комбінації ламінування і затвердіння. Термостійкість 40-60°С може бути досягнута шляхом затвердіння при температурі навколишнього середовища, температура затвердіння становить 30 °С, максимальна термостійкість [20-22].

Термостійкість цих систем може бути підвищена приблизно до 90 °С поступове спалювання тепла при 50-70 °С.

Використання: обмерзання каменю, кам'яні доріжки, композитні запчастини до човнів, спортивні товари та ін. Рекомендованою системою для створення кам'яної доріжки LH 289 є затверджувач H 536 (коефіцієнт суміші:

35 за вагою, життєздатність 50-70min). Суміш змішують з сухим агрегатом так, щоб утворилося суцільне покриття на кам'яній поверхні, а потім наноситься шпателем на поверхню бетону [22].

Таблиця 2.1

Фізико-механічні властивості смоли LH 289

Показник	Епоксидна смола LH 289
1	2
Зовнішній вигляд	Медоподобная жовтувата рідина. легко забарвлюється
Щільність при 20 °С, кг / м ³	1,16-1,25
Міцність при розтягуванні, МПа	40-90
Міцність при згині, МПа	80-140
Міцність при стисканні, МПа	100-200
Температура полімеризації, °С	від 20
Середнє рекомендоване співвідношення затверджувач-смола	7 : 1
Час полімеризації	1,5 години
Час повної полімеризації 24 години	24 години
Водопоглинання за 24 год, %	0,01-0,1
Ударна в'язкість, кДж / м ²	5-25
Теплостійкість, °С	55-170
В'язкість при 20 °С, МПа, °С	4000
Ударна в'язкість, кДж / м ²	19
Гарантійний термін зберігання епоксидної смоли, року	1,5
затверджувача, року	2

Продовження таблиці 2.1

1	2
Призначення	Епоксидна смола LH 289 призначена для: виготовлення та ремонту деталей корпусів човнів, яхт, літаків, автомобілів і т. д. в меблевій, електротехнічній та радіотехнічній промисловості; як компонент заливальних і просочувальних компаундів, клеїв, герметиків, зв'язуючих для армованих склопластиків.
Умови зберігання епоксидної смоли LH 289	слід зберігати в щільно закритій тарі при температурі навколишнього середовища від 15 до 40 °С.

При відсутності ознак желатинізації і загустіння можливе використання технакріла і епоксидної смоли LH 289 після закінчення гарантійного терміну.

Забороняється змішувати відразу велику кількість епоксидної смоли LH 289 з затверджувачем без використання спеціальних апаратів для змішування з метою уникнення закипання. Акрилову смолу технаркіл можна змішувати з затверджувачем без спеціальних апаратів за умови дотримання точної пропорції, зазначеної в інструкції по застосуванню [24].

Застосування епоксидно-діанових смол, основні замінники використовуються в електротехнічній, радіоелектронній промисловості, авіа-, судо- і машинобудуванні, в будівництві як компонент заливальних і просочувальних компаундів, клеїв, герметиків, зв'язуючих для армованих пластиків, в лакофарбових матеріалах, склопластику, для виготовлення наливних підлог [21].

Також використовуються епоксидно-діанові смоли у виробництві епоксидного клею, пропиточного матеріалу разом зі склотканиною для виготовлення та ремонту різних корпусів («вугле-» і «склопластикові», «карбонові» корпуси і деталі кузова автомобіля), при виготовленні гідроізоляції приміщень (підлога і стіни підвальних приміщень, басейни). А також використовується для виготовлення емалей, лаків, шпаклівок і як напівфабрикат для виробництва інших епоксидних смол і добавок до них.

Те, якими властивостями буде володіти кінцевий виріб на основі епоксидної смоли залежить від того, якими затверджувачами, добавками і пластифікаторами вони модифікуються. Епоксидно-діанові смоли LH 289 забезпечують найбільші технологічні зручності при переробці у виробі і дозволяють створити на основі цих смол найрізноманітніші матеріали [22].

2.1.2 Склотканина

Склотканина для епоксидної смоли AEROGLOSS fiberglass 163г/м.кв. плетіння саржа.

Досить часто використовують типові тканини для побудови моделей корпусів, фюзеляжів, спортивного обладнання, для укладання на головні частини, ремонту, армування. Має високо драпіровані властивості, має гарне просочення і хорошу прозорість.

Розрахункові дані для ручного ламінування з 35% об'ємним вмістом волокон [25]:

Області застосування: авіаційна галузь, космічна галузь, суднобудування, вітроенергетика, спортивний інвентар тощо.

Технічні характеристики:

Щільність тканини – 163 г/м²

Переплетення - полотно саржа

Витрата смоли – 128 г/м²

Ширина тканини – 100 см

Товщина ламінату - 0.179 мм.

Вага ламінату: 291 г/м².

Країна виробництва: Китай.

2.1.3 Пінопласт

Як серцевину сендвіча в роботі використовували піноматеріали двох видів: екструдований пінополістирол і пінопласт[26]. Фізико-механічні характеристики матеріалів, що застосовуються, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Фізико-механічні характеристики екструдованого пінополістиролу і пінопласту

Характеристика	Екструдований пінополістирол	Пінопласт
Вологопоглинання, % по об'єму за 30 діб, не більше	0,4	4
Вологопоглинання, % по об'єму за 24 дгодини, не більше	0,2	2
Паропроникність, мг/м.г.Па	0,018	-
Теплопровідність у сухому стані при температурі (25±5) °С, Вт/м·К), не більше	0,028	0,036-0,050
Межа міцності при статичному вигині, (кгс/м ²) МПа	0,4-1,0	0,07-0,20
Міцність на стиск при 10% лінійній деформації, МПа, Н/мм ² , не менше	0,25-0,50	0,05-0,20
Густина, кг/м ³ , в діапазоні	28-45	15-35
Діапазон робочих температур, °С	Від -50 до +75	Від -50 до +70

2.2 Визначення міцності на стиск при 10% лінійній деформації

Визначення міцності на стиск при 10% лінійній деформації проводили згідно методики, представленої у ДСТУ Б В.2.7-8-94 [26].

Відбір зразків

Для визначення міцності на стиск при 10% лінійній деформації із плит, відібраних за п. 6.5, випилюють по три зразки розміром (50мм x 50мм x 50мм) ($\pm 1,0$) мм - один із середини і два на відстані 50 мм від краю плити.

Якщо товщина плити, із якої виготовляють зразки, менша 50 мм, то висота зразків приймається рівною товщині плити. Допускається для випробування на стиск використовувати зразки, на яких визначалась вологість плит.

Устаткування

Випробувальна машина, яка забезпечує вимірювання навантаження з похибкою, що не перевищує 1% від величини стискуючого зусилля, і постійну швидкість навантажування зразка (5-10) мм/хв. Випробувальна машина повинна мати опору, яка самовстановлюється, і систему вимірювання переміщень затискачів, яка забезпечує вимірювання деформації з похибкою не більше 0,2 мм.

Металева лінійка за ГОСТ 427.

Секундомір за ТУ 25-1819-0021.

Проведення випробувань

Вимірюють лінійні розміри зразка. Потім зразок ставлять на опорну плиту машини таким чином, щоб стискуюче зусилля діяло по осі зразка. Навантажувати зразок слід до досягнення навантаження, яке відповідає 10% лінійній деформації, причому навантаження зразка ведуть в напрямі товщини плити, з якої він був випиляний [26].

Обробка результатів

Міцність на стиск при 10% лінійній деформації ($R_{ст.}$) в МПа обчислюють за формулою:

$$R_{ст.} = P / lb * 10^{-6} \quad (2.1)$$

де P - навантаження при 10% лінійній деформації, Н;

l - довжина зразка, м;

b - ширина зразка, м.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне значення паралельних визначень міцності плит на стиск, округлене до 0,01 МПа.

2.3 Визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі

Визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі зразків проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-105-2000.

ПІДГОТОВКА ДО ВИПРОБУВАННЯ

1. Виготовляють зразок у вигляді прямокутного паралелепіпеда, найбільші (лицьові) грані якого мають форму квадрата зі стороною, рівною стороні робочих поверхонь плит приладу. Якщо робочі поверхні плит приладу мають форму круга, то найбільші грані зразка також повинні мати форму круга, діаметр якого рівний діаметру робочих поверхонь плит приладу (додаток А, п. 2.1).

2. Товщина зразка, який випробовують, повинна бути менше довжини ребра лицьової грані або діаметра не менше ніж у п'ять разів.

3. Грані зразка, що контактують з робочими поверхнями плит приладу, повинні бути плоскими і паралельними. Відхилення лицьових граней жорсткого зразка від паралельності не повинне бути більше 0,5 мм. Жорсткі зразки, які мають різновтовщинність та відхилення від площинності, шліфують.

4. Товщину зразка-паралелепіпеда вимірюють штангенциркулем з похибкою не більше 0,1 мм у чотирьох кутках на відстані $(50,0 \pm 5,0)$ мм від

вершини кута і посередині кожної сторони. Товщину зразка-диска вимірюють штангенциркулем з похибкою не більше 0,1 мм за твірними, що розташовані у чотирьох взаємно перпендикулярних площинах, які проходять через вертикальну вісь. За товщину зразка приймають середньоарифметичне значення результатів усіх вимірів [27].

5. Довжину і ширину зразка у плані вимірюють лінійкою з похибкою не більше 0,5 мм.

6. Правильність геометричної форми і розміри зразка теплоізоляційного матеріалу визначають за ДСТУ Б В.2.7-38.

7. Середній розмір включень (гранули заповнювача, крупні пори тощо), відмінних за своїми теплофізичними показниками від основного зразка, повинен складати не більше 0,1 товщини зразка. Допускається випробування зразка, що має неоднорідні включення, середній розмір яких перевищує 0,1 його товщини. У протоколі випробування повинен бути вказаний середній розмір включень [25].

8. Визначають масу зразка M_1 при його одержуванні від виробника.

9. Зразок висушують до постійної маси при температурі, вказаній у нормативному документі на матеріал або виріб. Зразок вважають висушеним до постійної маси, якщо втрата його маси після чергового висушування протягом 0,5 год не перевищує 0,1 %. Після закінчення сушіння визначають масу зразка M_2 та його густину ρ , після чого зразок негайно розміщують або у приладі для визначення його термічного опору, або у герметичній посудині.

Допускається випробування вологого зразка при температурі холодної лицьової грані більше 273 К і перепаді температури не більше 2 К на 1 см товщини зразка [26].

10. Зразок висушеного насипного матеріалу повинен бути розміщений у ящику, дно і кришка якого виготовлені з тонкого листового матеріалу. Довжина і ширина ящика повинні бути рівними відповідним розмірам робочих поверхонь плит приладу, глибина - товщині зразка, який випробовують. Товщина зразка насипного матеріалу повинна бути не менше

ніж у 10 разів більше середнього розміру гранул, зерен і лусочок, з яких складається цей матеріал.

Відносна напівсферична випромінювальна здатність поверхонь дна і кришки ящика повинна бути більше 0,8 при тих температурах, які ці поверхні мають у процесі випробування [27].

Термічний опір R_L листового матеріалу, з якого виготовляють дно і кришку ящика, повинен бути відомий.

11. Пробу насипного матеріалу ділять на чотири рівні частини, які по черзі насипають у ящик, ущільнюючи кожен частину так, щоб вона зайняла відповідну частину внутрішнього об'єму ящика. Ящик закривають кришкою. Кришку прикріплюють до бокових стінок ящика.

12. Зважують ящик із зразком насипного матеріалу. За визначеним значенням маси ящика із зразком і попередньо визначеним значенням внутрішнього об'єму і маси порожнього ящика обчислюють густину зразка насипного матеріалу [29].

13. Похибка визначення маси і розміру зразків не повинна бути більше 0,5 %.

ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ

1. Випробування повинні проводитись на попередньо градуйованому приладі.

2. Зразок, який підлягає випробуванню, розміщують у приладі. Розташування зразка - горизонтальне або вертикальне. При горизонтальному розташуванні зразка напрямком теплового потоку зверху вниз.

У процесі випробування різниця температур лицьових граней зразка ΔT_u повинна складати 10-30 К. Середня температура зразка при випробуванні повинна бути вказана у нормативному документі на конкретний вид матеріалу або виробу.

3. Встановлюють задані значення температур робочих поверхонь плит приладу і послідовно через кожні 300 с проводять вимірювання:

- сигналів тепломіра e_u і датчиків температур лицьових граней зразка, якщо щільність теплового потоку крізь зразок, який випробовують, вимірюють за допомогою тепломіра;

- потужності, яка подається на нагрівник зони вимірювання гарячої плити приладу і сигналів датчиків температур лицьових граней зразка, якщо щільність теплового потоку крізь зразок, що випробовується, визначають шляхом вимірювання електричної потужності, котра подається на нагрівник зони вимірювання гарячої плити приладу [28].

4. Тепловий потік крізь зразок, який випробовується, вважається усталеним (стаціонарним), якщо значення термічного опору зразка, обчислені за результатами п'яти послідовних вимірювань сигналів датчиків температур і щільності теплового потоку, відрізняються один від одного менше ніж на 1 %, при цьому ці величини не зростають і не убують монотонно [28].

5. Після досягнення стаціонарного теплового режиму вимірюють товщину зразка d_u , який розміщений у приладі, штангенциркулем з похибкою не більше 0,5 %.

6. Після закінчення випробування визначають масу зразка M_3 .

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАННЯ

1. Обчислюють відносну зміну маси зразка внаслідок його сушіння m_r , та у процесі випробування m_w , і густину зразка ρ_u за формулами:

$$m_r = i \quad (2.2)$$

$$m_w = i \quad (2.3)$$

$$\rho_u = \frac{M_3}{V_u} \quad (2.4)$$

Об'єм V_u зразка, який випробовують, обчислюють за результатами вимірювання його довжини і ширини після закінчення випробування, а товщини - у процесі випробування.

2. Обчислюють різницю температур ΔT_u лицьових граней і середню

температуру T_{mu} зразка, що випробовують, за формулами:

$$\Delta T_u = T_{1u} - T_{2u}, \quad (2.5)$$

3. При обчисленні теплофізичних показників зразка і щільності стаціонарного теплового потоку в розрахункові формули підставляють середньоарифметичні значення результатів п'яти вимірювань сигналів датчиків різниці температур і сигналу тепломіра або електричної потужності, виконаних після встановлення стаціонарного теплового потоку крізь зразок, який випробовують [24].

4. При проведенні випробування на приладі, зібраному за асиметричною схемою, термічний опір R_u зразка обчислюють за формулою

$$R_u = \frac{\Delta T_u}{q_u} - 2R_k, \quad (2.6)$$

де R_k - приймають таким, що дорівнює $0,005 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, (а для теплоізоляційних матеріалів і виробів - нулю).

5. Ефективну теплопровідність λ_{effu} матеріалу зразка обчислюють за формулою:

$$\lambda_{\text{effu}} = \frac{d_u}{\frac{\Delta T_u}{q_u} - 2R_k}. \quad (2.7)$$

6. Термічний опір R_u і ефективну теплопровідність λ_{effu} зразка насипного матеріалу зразка обчислюють за формулами:

$$R_u = \frac{\Delta T_u}{q_u} - 2R_L, \quad (2.8)$$

$$\lambda_{\text{effu}} = \frac{d_u}{\frac{\Delta T_u}{q_u} - 2R_L}. \quad (2.9)$$

7. Щільність стаціонарного теплового потоку q_u крізь зразок, який випробовують на приладі, зібраному за асиметричною і симетричною схемами, обчислюють відповідно за формулами:

$$q_u = f_u e_u, \quad (2.10)$$

8. При проведенні випробування на приладі з гарячою охоронною зоною, у якому щільність теплового потоку визначають шляхом зміни електричної потужності, яка подається на нагрівник зони вимірювання гарячої плити приладу, термічний опір, ефективну теплопровідність і щільність стаціонарного теплового потоку крізь зразок обчислюють за формулами:

$$R_u = \frac{A \Delta T_u}{\Phi} - 2 R_k, \quad (2.11)$$

$$\lambda_{effu} = \frac{d_u}{\frac{A \Delta T_u}{\Phi} - 2 R_k}, \quad (2.12)$$

$$q_u = \frac{\Phi}{A}. \quad (2.13)$$

Під час випробування насипних матеріалів у формули (2.12) і (2.13) замість R_k підставляють значення R_L .

9. За результат випробування приймають середньоарифметичні значення термічного опору і ефективної теплопровідності всіх випробуваних зразків .

2.4 Визначення щільності зразків

Визначення густини зразків проводили згідно ДСТУ 15139–69.

Гідростатичний метод зважування, дозволяє визначити інтегральну характеристику багатфункціонального полімерного композитного «сендвіч» матеріалу – густину .

Суть методу полягає в порівнянні мас однакових об'ємів досліджуваного матеріалу і рідини відомої щільності (дистильованої води),

шляхом двократного зважування – спочатку на повітрі, а потім у воді.

Дослідження проводили при температурі 210°C на вагах ВЛА–200–М з точністю до 2 мг.

2.5 Макро - і мікроаналіз пластмас

При макроаналізі вивчають структуру матеріалу, видиму без збільшення або при невеликому збільшенні, за допомогою лупи. При мікроаналізі вивчають будову матеріалу за допомогою мікроскопа, тобто при відносно великих збільшеннях. Обидва методи дослідження спрямовані на те, щоб встановити зв'язок між структурою матеріалу і його властивостями [25].

За даними макро- і мікроаналізу можна не тільки вказати в якому напрямку будуть змінюватися механічні, фізичні та інші властивості матеріалу в залежності від його складу і структури, а й пояснити причини цих змін. Це дозволяє вказувати шляхи найбільш ефективного поліпшення структури і властивостей матеріалів, в даному випадку пластмас, і на цій основі прогнозувати експлуатаційні якості і надійність роботи виробів в приладах, пристроях і машинах [26].

Технологія виготовлення мікрошліфа пластмаси

Перша операція - відрізка зразка - виконується з використанням звичайного устаткування і ріжучого інструменту для механічного різання. Інструмент обирається залежно від фізико-механічних властивостей пластмаси і вимог до якості зони різання. З метою виключення механічних руйнувань (утворення розшарувань, сколів, розшматуванню наповнювача і т.п.) і впливу температурного чинника (припикання матеріалу) не рекомендується застосовувати швидкісне різання. Вирізку зразків рекомендується робити вручну за допомогою пиляльного полотна [14].

Пластмаси товщиною менше 1,5 мм розрізають полотнами з нерозведеними зубами. Хороша якість поверхні розрізу шаруватих

армованих реактопластів виходить і при використанні пил, призначених для різання деревени. Для тонких шліфів при механічній обробці з метою зручності та безпечності в роботі, а також для запобігання країв від руйнування і завалювання слід застосовувати оправлення з механічним затисканням, які виготовляються з двох прямокутних пластин, з'єднаних між собою шурупами або болтами. Між пластинами оправлення розміщують пластину з пластмаси для вирізки з неї зразка [21].

Друга операція - шліфування - є найбільш відповідальною операцією при виготовленні мікрошліфів. Труднощі шліфування (мікрорізання) армованих пластиків пов'язана з різко вираженою структурною неоднорідністю шліфа (різна твердість полімерної основи-матриці і наповнювача). Відрізаний зразок шліфується на шліфувальному папері до повного видалення рисок з поступовим переходом від паперу з абразивом більшого розміру, наприклад, з шліфзерно 25, до паперу з меншим розміром абразивних частинок-16, 10, 6 (числа вказують найбільший розмір зерен в сотих частках міліметра). Шліфування виконують вручну, поклавши шліфувальний папір на рівну поверхню (наприклад, на скляну пластину. З метою видалення рисок від попередньої ступені шліфування зразок повинен бути повернений на 90° при переході до абразивного матеріалу з більш дрібним розміром частинок [21].

Завершують шліфування на папері M28, M20 або M14 (числа показують найбільший розмір в мікрометрах зерен основної фракції). Зразок промивають водою і піддають поліруванню.

Заключна операція – полірування, здійснюється на диску з високою швидкістю обертання полірувального верстата (400 - 600 оборотів за хвилину) діаметром 200-250 мм, обтягнутому високоякісним сукном або м'яким фетром. Поверхня диска зволожується водяною суспензією порошку окису хрому. Мікрошліф притискається до диска з зусиллям, достатнім для його утримання в контакті з поверхнею фетру. Слід уникати великих тисків

на зразок, так як це може привести до сильного нагрівання зразка і зниження якості його поверхні [25].

Особливістю пластмас є те, що при дуже тривалому поліруванні може виявитися особливий рельєф, який ускладнює вивчення структури при великих збільшеннях. Тому під час полірування пластмас необхідно вибирати оптимальний момент її закінчення. Якщо за проміжок часу 6-10 хвилин не вдалося усунути сліди попереднього шліфування, але почав з'являтися рельєф, полірування слід припинити і знову повторити процес шліфування. При визначенні кінця полірування зразка орієнтуються на момент зникнення рисок від шліфування. У деяких випадках полірування зразків пластмас проводять за допомогою спеціальних паст [26].

Для тонких досліджень операції шліфування та полірування пластмас проводять в затискачах з прокладками, як було зазначено вище. Стійкість матеріалу прокладки проти стирання повинна бути рівною або близькою до матеріалу зразка. В іншому випадку неминуче завалювання зразка. Можна прокладки виготовити з тієї ж пластмаси, яка досліджується. У тих випадках, коли необхідно досліджувати край шліфа під мікроскопом при великих збільшеннях, тобто коли необхідно уникнути навіть незначного завалювання, рекомендується застосовувати оправки з в'язкими речовинами. В цьому випадку можна рекомендувати для заливки оправок клей холодного затвердіння на основі епоксидних смол.

Мікроструктурний аналіз пластмас

Мікроструктурний аналіз пластмас здійснюють оптичними металографічними мікроскопами, які дозволяють проводити вивчення будови матеріалів у відбитому світлі при корисних збільшеннях 325 - 650 (при об'єктиві 40x0,65) або 200 - 400 (при об'єктиві 21x0,40) [25].

При роботі з композиційними пластмасами слід враховувати необхідність забезпечення високої контрастності зображення. Для цього застосовують косе освітлення, яке досягається зміщенням апертурними діафрагми або джерела світла щодо оптичної осі. Іншим методом посилення

контрастності є темнопольне освітлення. У цьому випадку застосовують спеціальні об'єктиви, які мають навколо оправы з лінзами параболічне дзеркало, на яку падають тільки крайові промені від джерела світла.

Таким чином, освітлення тут буде здійснюватися не через об'єктив, а за допомогою параболічного дзеркала. У цьому випадку від поверхні шліфа в об'єктив відіб'ється тільки частина променів від деяких фаз, зазвичай виступають над рештою поверхні об'єкта, і тому їх можна детально вивчити, тоді як інші фази будуть більш темними. Таким чином, дослідження в темному полі зазвичай не дає повної характеристики структури і його слід розглядати як доповнене основне в світлому полі, тобто при вертикальному освітленні, коли світлові промені потрапляють на мікрошліф через об'єктив, який збирає їх на поверхні шліфа [29].

При вивченні забарвлених структур важливе значення мають світлофільтри. Для отримання найбільшої контрастності будь-якої структурної складової необхідно застосовувати світлофільтр того ж кольору, що і колір складової. Вибрав фільтр додаткового кольору, отримуємо мінімальну контрастність данні фази. Додатковими називають ті кольори, які при змішуванні дають білий колір, наприклад, помаранчевий і блакитний, зеленувато-жовтий і фіолетовий, червоний і зеленувато-блакитний і т. д. Це дозволяє за допомогою світлофільтрів здійснювати роздільне вивчення окремих забарвлених фаз.

Висновок до розділу 2.

В другому розділі наведені дані — фізико-механічні та технологічні властивості матеріалів, що використовують для виготовлення експериментальних сендвіч панелей.

Розглянута методика проведення експериментів по визначенню густини, міцності при стисканні, теплопровідності зразків сендвіч панелей.

Розглянута методика дослідження макро- і мікроструктури зразків, підготовка зразків для дослідження.

РОЗДІЛ 3

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Виготовлення зразків.

Для виготовлення зразків сендвіч панелей використовували пінополістирол двох видів – не спресований «білий» і екструдований «синій». Зразки матеріалів були розрізані за допомогою «пінорізки» на заготовки. Заготовки зразків матеріалів для подальшого виготовлення сендвіч панелей показані на рисунку 3.1.

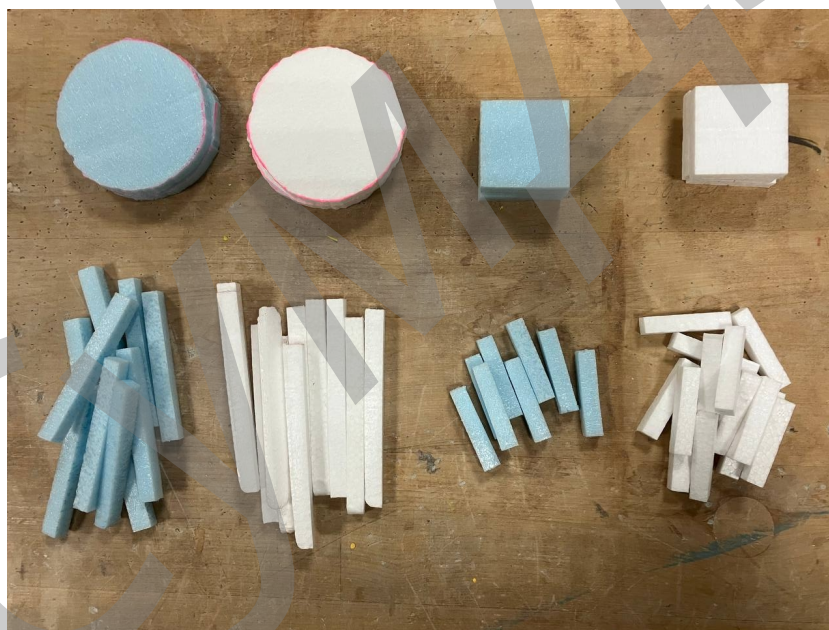


Рисунок 3.1 - Заготовки зразків для подальшого виготовлення сендвіч панелей.

Сендвіч отримували шляхом ламінування зразків склотканиною, яка була пропитана епоксидною смолою (один шар). Після нанесення склотканини на поверхню зразків їх покрили плівкою, яка забезпечую глянцеvu поверхню, притиснули вантажем і помістили в сушильну шафу (22 °С, 48ч). Зразки сендвіч панелей після сушки представлені на рисунку 3.2.

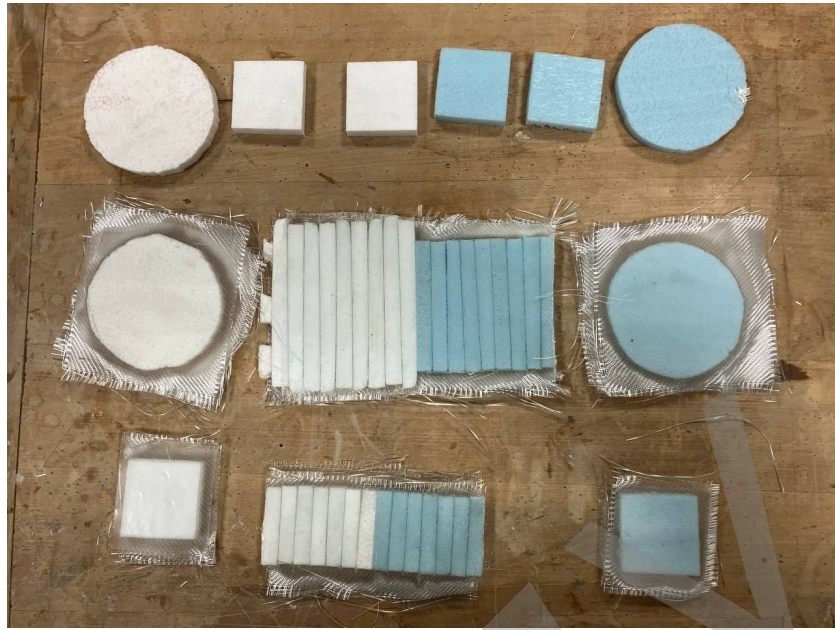


Рисунок 3.2 - Зразки сендвіч панелей після сушки.

Облії зі зразків видаляли обрізкою гострим ножем. Зразки з видаленим облієм зображені на рисунках 3.3а і 3.3 б.



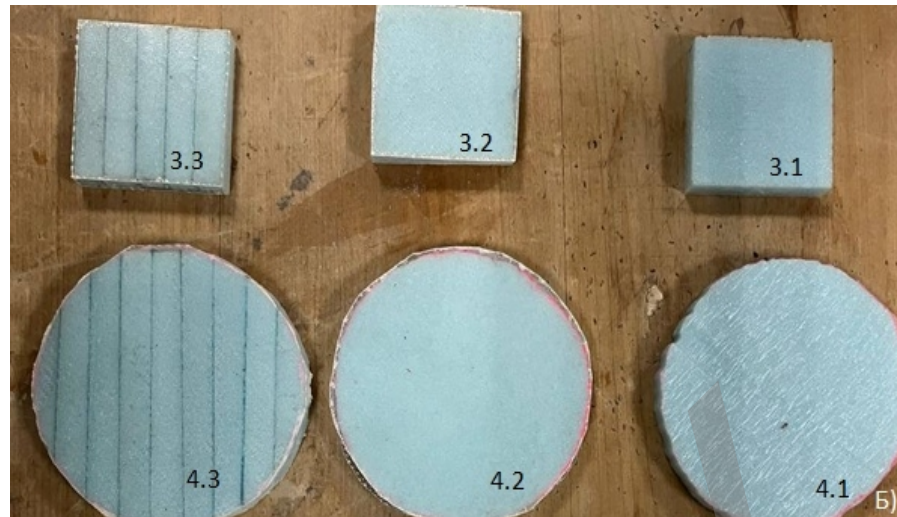


Рисунок 3.3 —Зразки з видаленим облієм: а) – з не пресованого пінополістирола: 1.1–1.3 – для випробувань на міцність при стисканні (1.1- без ламінування; 1.2 - з двостороннім ламінуванням; 1.3 - з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням). 2.1 - 2.3 для випробувань на теплопровідність (2.1 - без ламінування; 2.2 - з двостороннім ламінуванням; 2.3 - з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням). Рис. 3б.) – з екструдованого пінополістирола: 3.1 - 3.3 – для випробувань на міцність при стисканні (3.1 - без ламінування; 3.2 - з двостороннім ламінуванням; 3.3 - з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням. 4.1 - 4.3 для випробувань на теплопровідність (4.1 - без ламінування; 4.2 - з двостороннім ламінуванням; 4.3 - з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням.

Вид на бокову поверхню зразка з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням рис. 3.4.

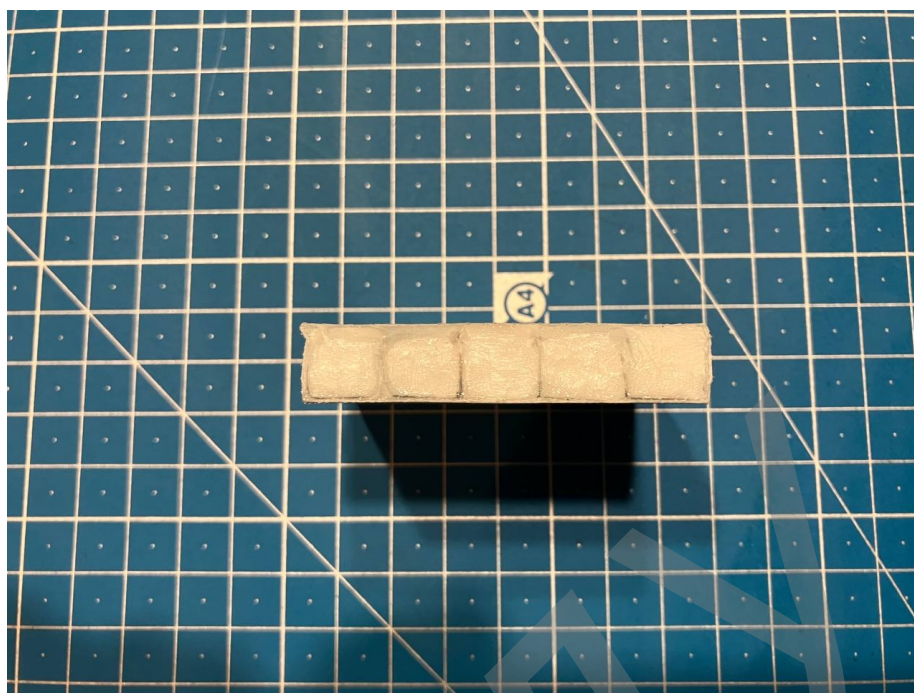


Рисунок 3.4 - Вид на бокову поверхню зразка з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням.

3.2 Визначення щільності зразків

Визначення густини зразків проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-8-94.

Результати наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати дослідження густини сендвіч панелей.

№	Маркування зразка	Товщина зразка h, мм	Площа зразка S, см ²	Маса зразка m, г	Густина зразка g, г/см ³
1.	1.1	10,4	25	0,3	0,11
2.	1.2	11,0	25	2,4	0,87
3.	1.3	10,8	25	3,9	1,44
4.	3.1	10,0	25	0,6	0,24
5.	3.2	10,8	25	2,6	0,96
6.	3.3	10,5	25	4,3	1,64

3.3 Визначення міцності на стиск при 10% лінійній деформації.

Визначення міцності на стиск при 10% лінійній деформації проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-8-94.

Дослідження проводили на приладі для визначення механічних властивостей матеріалів (рис. 3.5.) для визначення твердості металів, сплавів, деревини (учбовий).

Технічні характеристики приладу

Габарити 290x100x280 мм

Шкала 2000 Н

Ціна розподілу шкали 100 Н

Діаметр столика не менше 70 мм

Вага приладу до 8 кг

Індикатор годинникового типу 0-10 мм ГОСТ 577-68 (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 - Прилад для визначення механічних властивостей матеріалів

Результати випробувань зразків по визначенню міцності на стиск при 10% лінійній деформації наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Результати випробувань зразків по визначенню міцності на стиск при 10% лінійній деформації

№	Маркування зразка	Товщина зразка h, мм	Навантаження N, Н	Площа зразка S, см ²	Міцність на стиск при 10% лінійній деформації Н/см ²
1.	1.1	10,4	400	25	16
2.	1.2	11,0	450	25	18
3.	1.3	10,8	1150	25	46
4.	3.1	10,0	700	25	28
5.	3.2	10,8	750	25	30
6.	3.3	10,5	1800	25	72

3.4 Визначення теплопровідності при стаціонарному тепловому режимі.

Визначення теплопровідності при стаціонарному тепловому режимі зразків проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-105-2000.

Випробовування проводили на установці зображеній на рисунку 3.6. Установка складається з двох теплоізованих труб, між якими під час випробування поміщався зразок сендвіч панелі.

На зразок сендвіч панелі з двох сторін «холодної» і «гарячої» перед випробуваннями за допомогою скотчу приклеювалися термометри. Торець «холодної» труби був закритий герметичною заглушкою для ізоляції внутрішнього об'єму «холодної» камери.

З боку гарячої частини установки був встановлений фен на відстані 100 мм від торця труби установки. За допомогою фену було забезпечено стаціонарний тепловий потік нагрітого повітря. Вимірювання температури фіксуються через 300 с. Випробування проводяться до встановлення

стаціонарного режиму теплопровідності. Результати випробувань по визначенню ефективної теплопровідності наведені в таблиці 3.3.



Рисунок 3.6 - Установка для випробувань на теплопровідність зразків сендвіч панелей.

Таблиця 3.3

Результати випробувань зразків по визначенню ефективної теплопровідності

№	Маркування зразка	Товщина зразка h , мм	Температура «холодної» частини T_1 зразка, °C	Температура «гарячої» частини T_2 зразка, °C	Різниця температур $\Delta T = T_2 - T_1$	Ефективна теплопровідність λ_{eff} , мм ² · C/Вт
1.	2.1	10,4	41.2	107.0	65.8	80.0
2.	2.2	11,0	38.5	127.0	88.5	64.7
3.	2.3	10,8	40.0	112.7	72.7	77.1
4.	4.1	10,0	44.5	137.5	98.3	56.8
5.	4.2	10,8	39,2	134.8	90.3	55.5
6.	4.3	10,5	41.8	130,2	88.4	61.7

3.5 Макроаналіз поверхні зразків сендвіч матеріалів

При проведенні мікроаналізу структури зразків сендвіч конструкцій, що складаються з армованого пінополістиролу, необхідно враховувати технологію його виробництва. Для виробництва пінополістиролу беруть стирол у гранулах, після чого заповнюють газом і розчиняють у масі полімерів. Потім отриману масу нагрівають за допомогою пари.

Під час нагрівання відбувається неодноразове збільшення стиролу у об'ємі. Збільшення протікає до тих пір, поки гранули не заповнять собою блок-форму. Також у процесі нагрівання гранули спікаються між собою. Для виробництва звичайного пінопласту зазвичай використовують природний газ. А для пожежостійкого класу «С» підходить вуглекислий газ.

У виробництві пінопласту, використовується полістирол. Найчастіше використовують полідихлорстирол, полімонохлорстирол і кополімери з'єднані з мономерами, такими як бутадієн, акрилонітрил. Агентом, який відповідає за спінювання, в даному випадку служать вуглеці, які легко закипають - ізопентан, пентан, дихлорметан і т.д. Додатково в плитах пінопласту є різні барвники, а також наповнювачі та інші пластифікатори.

Високоякісний та низькоякісний пінопласт відрізняються один від одного. У високоякісного, гранули мають єдиний розмір, крім того, вони рівномірно розподіляються по всій поверхні плити. У низькоякісного, гранули різного діаметра та розміру.

На рисунку 3.7 видно, що зразок виконаний з якісного пінополістиролу – гранули мають єдиний розмір і вони рівномірно розподілені по всій поверхні плити.

При дії температури ($T=110\text{ }^{\circ}\text{C}$) на не ламінований зразок відбувається випаровування компонентів, що легко закипають, що знаходяться в складі пінополестиролу і зростання гранул (рисунок 3.8) в поверхневому шарі. Поверхня екструдованого пінополістиролу (рисунок 3.9) під впливом температури ($T=174\text{ }^{\circ}\text{C}$) деструктує, випаровується і коробиться.



Рисунок 3.7 - Поверхня не ламінованого зразка з якісного пінополістиролу.

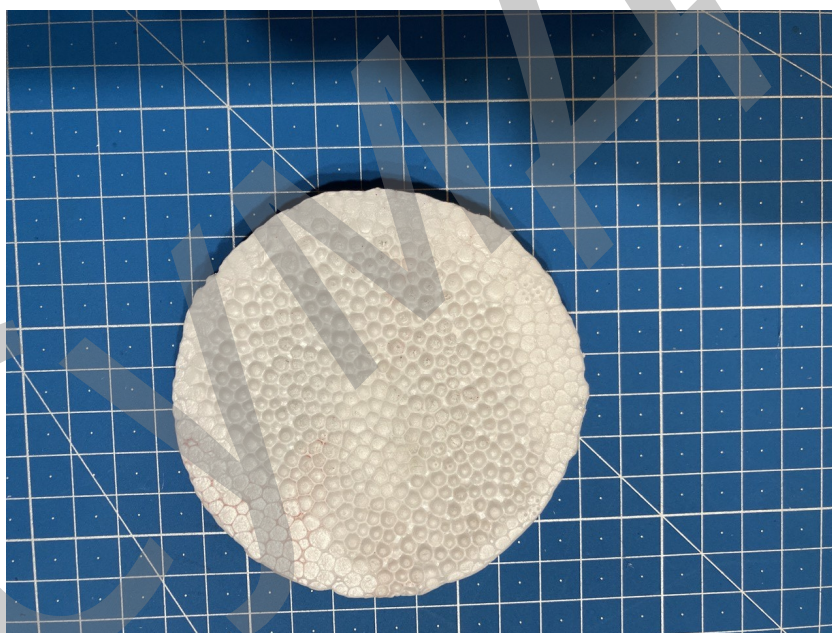


Рисунок 3.8 - Поверхня не ламінованого зразка після впливу температури ($T=110^{\circ}\text{C}$).

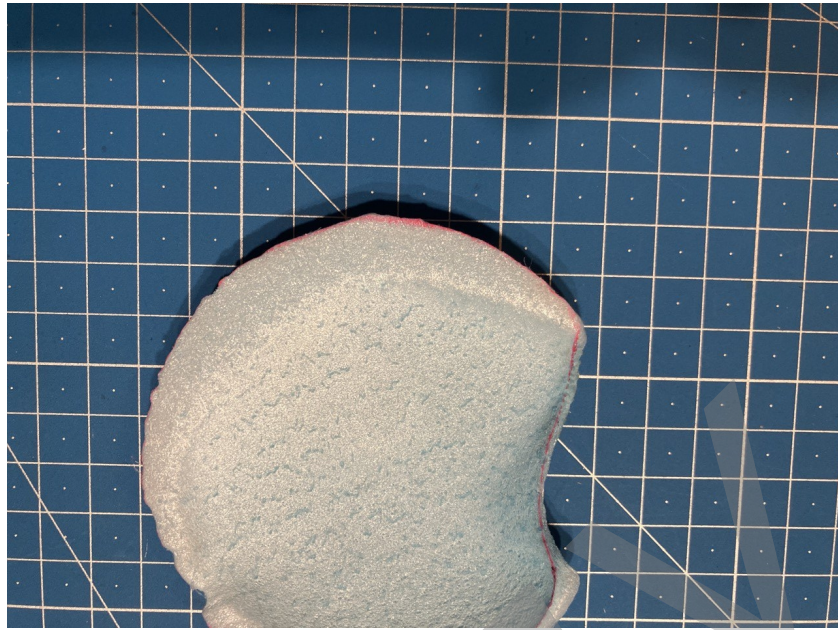


Рисунок 3.9 - Поверхня екструдованого пінополістиролу після впливу температури ($T=174^{\circ}\text{C}$)

При дії температури на ламіновані зразки не спостерігається деструкція та випаровування матеріалу до температури ($T=120-130^{\circ}\text{C}$), відбувається невелике викривлення ламінованої поверхні для всіх зразків (з поверхневим ламінуванням рис. 3.10 і поперечним посиленням рис. 3.11).

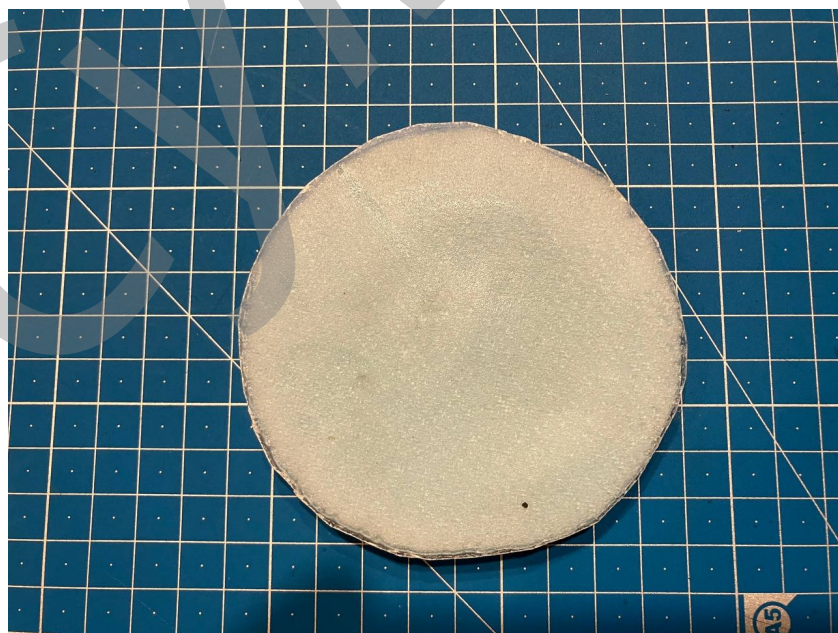


Рисунок 3.10 - Поверхня ламінованого зразка після теплової дії ($T=120-130^{\circ}\text{C}$)

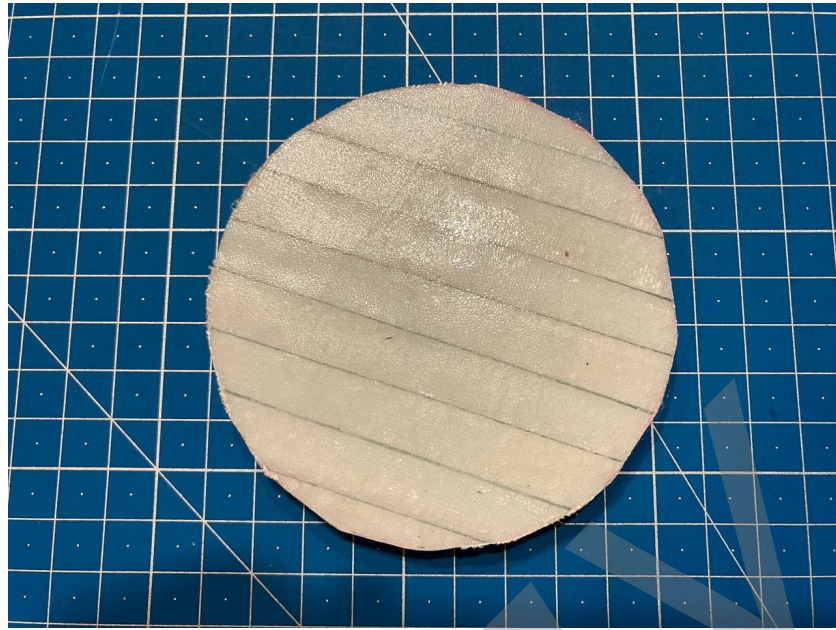


Рисунок 3.11 - Поверхня ламінованого зразка з поперечним посиленням після теплової дії ($T=120-130^{\circ}\text{C}$).

Висновок до розділу 3.

Випробування зразків сендвіч матеріалів на міцність при стисканні при 10% деформації показали, що найбільш ефективним способом ламінування є ламінування з поперечним посиленням. При такому способі ламінування міцність при стисканні зразків вдвічі вища ніж без ламінування та двосторонньому ламінуванні (справедливо для зразків з вільно спіненим та екструзійним пінополістиролом).

Недоліком ламінування з поперечним посиленням є закономірне зростання щільності зразків в 5-10 разів.

Випробування на теплопровідність показали зменшення теплопровідності для зразків з двостороннім ламінуванням в порівнянні з не ламінованими зразками (справедливо для зразків з вільно спіненим та екструзійним пінополістиролом). Зразки з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням мають теплопровідність, порівнянну з не ламінованими зразками.

Як показав макроаналіз, ламіновані зразки сендвіч панелей після температурного впливу мають більш високу стійкість матеріалу до температури ніж не ламіновані зразки.

СУМДУ

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Загальні теоретичні відомості

Пінопласт застосовується для теплоізоляції споруді використовується як утеплювач при будівництві котеджів, будівель, промислових об'єктів. Вологостійкі якості пінопласту роблять його незамінним для утеплення підземних частин будівлі, фундаментів, стін підвалів, цокольних поверхів, де застосування інших видів теплоізоляції неприпустимо унаслідок капілярного підняття ґрунтових вод. Застосування пінопласту оберігає гідроізоляцію від шкідливої дії доквілля.

При оздобних роботах використовуються декоративні елементи, зроблені з формованого пінополістиролу — стельові плитки, розетки, плінтуси, молдинги. Також пінополістирольний пінопласт застосовують в холодильному устаткуванні, судобудуванні, для зведення плавучих пристаней, понтонів; виробництві упаковки, побутових товарів, харчових продуктів[29].

Таким чином, пінополістирольний пінопласт є одним із найдоступніших і недорогих композиційних матеріалів. Основні витрати при виробництві виробів з пінопласту припадають на технологічне обладнання та робочу силу, витрати на яку великі за рахунок трудомісткості та великих тимчасових витрат на виробництво.

Для проведення розрахунків для економічної частини необхідно розкрити головні питання даної науково-дослідної роботи:

Актуальність теми – створення полімерних композитних сендвічей з високими фізико-механічними властивостями є актуальним сучасним завданням в будівництві, авіації, судобудуванні та інших напрямках.

Мета роботи – підвищення рівня фізико-механічних властивостей багатофункціонального полімерного композитного «сендвіч» матеріалу

шляхом направленою вибору матеріалу та аналізу впливу будови «сандвіч» матеріалу на його експлуатаційні властивості.

Завдання дослідження – провести аналіз матеріалів, конструкцій і технологій виготовлення полімерного композитного «сандвіча» багатofункціонального застосування з високими фізико-механічними властивостями. Проаналізувати вплив вибору матеріалу і конструкції «сандвіча» на його фізико-механічні властивості. На основі отриманих результатів зробити висновки та рекомендації [30].

- майбутнє застосування результатів НДР в народноу господарстві з виділенням ефекту у виробника, і у споживача має місце результати дослідження впливу зміни матеріалів, конструкцій і технологій виготовлення полімерного композитного «сандвіча» на його фізико-механічні властивості, що дозволяє розробляти і виробляти матеріали із заданими властивостями.

- тип НДР відповідно до класифікації відповідає пошуковим дослідженням. Пошукові – це дослідження, спрямовані на аналіз і розвиток фундаментальних досліджень для встановлення можливості і необхідності їх практичного застосування в певних областях техніки і технології. Результатом пошукових досліджень повинні бути рекомендації по створенню нових продуктів і нових технологічних процесів.

- взаємозв'язокданої НДР з попередніми роботами подібного спрямування – немає.

4.2 Методика розрахунку витрат

1. Склад витрат на проведення НДР.

Витрати на проведення дослідних і експериментальних робіт є підготовчими і складаються з наступних складових: витрати на постановку задачі дослідження (літературний огляд, вивчення патентів тощо);

- витрати на лабораторні дослідження;

- витрати на дослідне виробництво (проектування і спорудження дослідної установки), отримання і випробування дослідної партії продукту, вивчення відходів виробництва і техніко-економічна оцінка процесу;
- витрати на промислове проектування.

2. Матеріальні витрати.

Вартість витрачених в процесі дослідження основних і допоміжних матеріалів та реактивів розраховується, виходячи з їх фактичної витрати та цін за формулою:

$$V_m = V \cdot C, \text{ грн} \quad (4.1)$$

де, V – витрата даного виду матеріальних ресурсів, одиниць вимірювання;

C – ціна за одиницю вимірювання даного виду матеріальних ресурсів, грн.

Розрахунок представлений в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вартість матеріалів

Найменування матеріалу	Одиниця вимірювання	Ціна, грн. За одиницю виміру	Фактична кількість	Сума, грн.
Склотканина	м ²	2690,00	2	5 380,00
Пінопласт	м ²	100,00	1	100,00
Епоксидна смола	кг	800,00	0,5	400,00
Разом				5 880,00

Вартість палива та електроенергії, витрачених в процесі дослідження, розраховується аналогічно витратам на матеріали. Витрати на електроенергію визначаються, виходячи з потужності обладнання, часу його роботи і ціни 1 кВт·год, за формулою:

$$V_e = M \cdot n \cdot T \cdot C, \text{ грн}, \quad (4.2)$$

де, M – потужність обладнання або електроприладу (за паспортом), кВт;

n – кількість застосованого обладнання, шт.;

T – час роботи обладнання, год.;

C – ціна 1 кВт·год електроенергії, грн.

Розрахунок представлений в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Вартість електроенергії

Найменування матеріалу	Потужність, кВт	Час роботи обладнання, год.	Ціна 1 кВт·год електроенергії, грн.	Сума, грн.
вакуумний насос	0,5	5	1,68	4,2
сушильна шафа	1	24	1,68	40,32
Разом				44,52

3. Оплата праці.

Витрати на заробітну плату складаються з заробітної плати виконавця, керівника, залучених осіб (лаборанта та терміста).

Витрати на заробітну плату виконавця (Зв) роботи визначаються множенням розміру місячної стипендії на число місяців, що були витрачені на виконання науково-дослідної практики та кваліфікаційної магістерської роботи.

Для керівника і консультантів, а також науково-технічного персоналу (інженери, лаборанти) – виходячи з посадових окладів з усіма надбавками і нормативів часу.

Заробітна плата керівника роботи (Зкер) визначена, виходячи зі ставок погодинної оплати праці науково-педагогічного персоналу за проведення навчальних занять і норми витрат його робочого часу на одну випускную роботу студента рівня підготовки «магістр» для денної форми навчання (12 год/чол.). Заробітна плата залучених осіб (терміста і лаборанта) визначається, виходячи з розміру мінімальної заробітної плати у погодинному вираженні і витрат їх робочого часу при проведенні досліджень.

Таблиця 4.3

Витрати на заробітну плату

Посада	Ставка погодинної оплати праці, грн.	Відпрацьований час, год.	Сума, грн.
Доцент	864,32	12	172,86
Разом			172,86

4. Інші витрати

Інші витрати визначаються в розмірі 25% від суми прямих витрат. До них відносяться загальноуніверситетські витрати на амортизацію і ремонт будівель та обладнання, опалення, освітлення, воду, витрати на утримання навчально-допоміжного та адміністративно-управлінського персоналу, закупівлю канцелярського приладдя тощо.

Витрати на спеціальне обладнання, придбане для даної НДР, послуги сторонніх організацій (проведення аналізів і випробувань, комп'ютерне моделювання тощо), витрати на відрядження враховуються на фактичному рівні.

Таблиця 4.4

Кошторис витрат на науково-дослідницьку розробку

Найменування статті витрат	Сума, грн.	Частка даної статті у загальній сумі витрат, %
Вартість матеріалів	5 880,00	97
Вартість електроенергії	44,52	0,75
Витрати на заробітну плату	172,86	2,25
Разом	6 097,38	

Висновок до розділу 4.

Підсумковий кошторис витрат на НДР являє собою суму результатів розрахунків суми витрат по всіх статтях витрат за період її виконання та поданий у вигляді таблиці 4.4.

СУММД

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ, ДОВКІЛЛЯ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

5.1 Техніка безпеки при роботі з полістиролом

При виробництві й зберіганні плит можливе виділення легких речовин - незаполімеризованих домішок, які містяться у вихідній сировині – в полістиролі, що спінюється (ізопентану, пентану і залишкового мономеру — стиролу). Полістирол, що спінюється, схильний до утворення електростатичних зарядів при недостатньому повітрообміні, що може бути джерелом небезпеки, бо пил, який міститься в повітрі, створює вибухонебезпечну суміш. Гранично допустимі концентрації (ГДК) парів легких речовин, пилу полістиролу в повітрі робочої зони виробничих приміщень, а також клас їх небезпеки у відповідності з ГОСТ 12.1.005 і ГОСТ 12.1.007 наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Найменування речовин	ГДК	Клас небезпеки
Стирол (мономер), мг/м ³	30/10	3
Ізопентан, мг/м ³	300	4
Пентан, мг/м ³	300	4
Пил полістиролу, г/м ³	27,5	3

Концентрацію шкідливих речовин в повітрі робочої зони слід визначати у відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.005 і ГОСТ 12.1.014. Плити повинні виготовлятися при дотриманні температурного режиму і технологічних параметрів у приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією згідно з ГОСТ 12.4.021 і СНиП 2.04.05.

При виробництві плит необхідно дотримуватись вимог санітарних правил організації технологічних процесів і вимог гігієни до виробничого устаткування згідно з ГОСТ 12.3.002, СП 1042-73, СН 3044-84, СН 3223-85,

СН 4088-86. Експлуатація електроустановок і електроприладів повинна здійснюватись згідно з ГОСТ 12.1.019.

Устаткування, комунікації і ємкості повинні бути заземлені від статичної електрики згідно з ГОСТ 12.1.018 і ПУЭ-76. Плити з пінополістиролу згідно з вимогами ГОСТ 12.1.044 належать до групи горючих матеріалів середньої займистості.

Плити типу ПСБ-С здатні до самостійного горіння не більше 4 с.

Температура займання плит - $(74 \pm 10)^\circ\text{C}$.

При займанні плит їх гасять розпиленою водою зі змочувачами. Гасіння пожежі в приміщеннях проводять в ізолюючих протигазах. За пожежною безпекою виробничі приміщення повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.3.030.

Викиди в атмосферу, охорона навколишнього середовища повинні відповідати вимогам ГОСТ 17.2.3.02, Сан Пин 4630-88 і Сан Пин 4946-89.

Оцінка радіологічної активності сировини і плит, а також методи радіаційного контролю проводяться за РСН 356-91 "Положение о радиационном контроле на объектах строительства и предприятиях стройиндустрии и стройматериалов Украины".

Сумарна питома активність радіонуклідів не повинна перевищувати 370 Бк/кг (I клас).

Особи, зайняті на виробництві плит, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: спецодягом за ГОСТ 27574, ГОСТ 27575, протипиловими респіраторами ШБ-1 "Лепесток" за ГОСТ 12.4.028 і за галузевими нормами.

5.2 Заходи проти отруєння

Кодексом законів про працю передбачається видача робітникам, робота яких пов'язана з небезпекою професійного отруєння, жирів, або нейтралізують коштів в якості протиотрути. В окремих, де проводиться

робота з отруйними речовинами, забороняється приймати їжу і палити. Необхідно наявність аптечки першої допомоги. Робота в умовах забрудненого середовища проводиться у відповідних міських, респіраторх, окулярах [31].

Отже, у відділеннях, відведених для робіт із шкідливими виділеннями (відділення цементациї, ціанування, оксидування та ін.), Перед початком роботи обов'язково включення припливно-витяжної вентиляції. Перед прийняттям їжі слід ретельно вимити руки і вичистити зуби. Не можна допускати миття рук у воді гартівних баків [35].

5.3 Правила зберігання отруйних речовин

Слід пам'ятати, що зберігання отруйних і легкозаймистих речовин на головному складі та в цехових приміщеннях проводиться за правила, встановленим відповідними інструкціями, так само як і їх відпуск і транспортування. Дотримання інструкцій є строго обов'язковим. Селітру дозволяється зберігати тільки в металевій тарі.

Для зберігання кислот краща металева тара з кислототривкої футеровкою. Кислоти також не допускаються роботи, пов'язані з утворенням іскор. Ціаністі солі, упаковані в жерстяні або залізні банки або барабани, зберігаються на особливому складі, ізольованому від загального складу, з вентиляцією, що включається поза складу [31].

Отже, на тарі повинен бути напис « ОТРУТА ». До роботи з ціаністими солями допускаються спеціально виділені особи. У приміщеннях складів куріння суворо заборонено. Обов'язковим є бездоганна чистота і порядок, відсутність захаращеності, наявність вентиляції, проходів шириною не менше 1 м в складі та 5 м зовні [32].

Горючі речовини зберігаються в забарвлених бочках з написами про вміст. Тара повинна бути ретельно промитої. Між рядами бочок слід

залишати достатні проходи. Для зберігання масел відводяться окремі комори, зберігання в яких бензину, газу та інших горючих матеріалів забороняється.

5.4 Протипожежні заходи

Отже, згідно ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять», протипожежні заходи в термічних цехах зводяться в основному до профілактичних заходів:

–регулярної очищення трубопроводів від сажі, підтримування в справності газопроводів і газорегуляторів, підтримці в справності маслоохладітельної системи, особливо відведення циркулюючого гартувального масла, щоб уникнути його переливу через борти боки і розтікання по підлозі цеху [31];

–у цехах повинен знаходитися пожежний інструмент, пінні вогнегасники, кошма або листовий азбест для накриття гартувального бака з палаючим маслом, сухий пісок в разі пожежі в термічному цеху, особливо з утворенням вогнища загоряння, пов'язаного з надходженням (подачею) палива – нафти або газу, слід негайно перекрити кран біля печі і загальний кран на магістралі, не можна допускати установки баків з мазутом в приміщенні, де розташовані печі [35].

Таким чином, при загорянні мазуту ефективним для гасіння засобом виявляєте пінний вогнегасник, пісок, розпорошена вода, застосування якої базується переважно на освіту водяної пари, при 30% якого в повітрі горіння не підтримується. Проходи і проїзди в цеху повинні бути вільними, доступними для дій при гасінні вогнищ загоряння [30].

Лабораторія знаходиться в будівлі, що відноситься до першого ступеня пожежної безпеки. Лабораторія побудована з вогнетривкого будівельного матеріалу згідно вимогам.

За ступенем пожежної безпеки приміщення лабораторії відносяться до категорії В, оскільки в лабораторії знаходяться і використовуються горючі та

важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали, але при цьому приміщення не належать до категорій А і Б. Клас по вибухонебезпеці відсутній[33].

Отже, виникнення пожежі в лабораторії може бути викликано коротким замиканням електропроводки або перевантаженням електропроводів. Пожежі, які можуть виникати в лабораторіях з пічним обладнанням, представляють велику небезпеку, так як температура технологічних процесів становить 1000°С і більше [31].

Таким чином, при таких температурах відбувається миттєве займання багатьох органічних матеріалів. В таких лабораторіях для гасіння пожеж використовуються вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-2.

В кожній лабораторії для локалізації наслідків короткого замикання встановлені спеціальні вимикачі і плавкі запобіжники [30].

На випадок пожежі в лабораторії розроблений план евакуації. Приміщення обладнане пожежною сигналізацією автоматичної дії (теплові або димові повідомлювачі), а також встановлений ящик з піском[34].

Отже, основними заходами по пожежній безпеці є регулярна перевірка працездатності засобів гасіння пожежі і систем пожежної сигналізації; перевірка виправності електричної проводки; обережне відношення з легкоплавкими речовинами. Виконувати роботи необхідно лише на робочому місці [35].

5.5 Заходи з охорони довкілля

Отже, найбільшу шкоду атмосферному повітрю можуть нанести пари металу в процесі плавки та металічний пил, який утворюється при шліфуванні зразків, пари ацетону і плавикової кислоти при знежирюванні та травленні зразків, згідно ДСТУ 3831-1998 «Охорона навколишнього природного середовища». В нашому випадку приготування металографічних шліфів та наступне їх знежирення та травлення відбувалося декілька разів, процес був короточасним та відбувався в іншій лабораторії [30].

Таким чином для запобігання надходження шкідливих речовин в атмосферу система вентиляції всієї будівлі, до складу якої входить ця та інші лабораторії, комплектуються пиловловлювачем та абсорбером [31].

Всі стічні води спускаються в міську каналізаційну систему. Зливання в каналізаційну мережу відпрацьованих розчинів хімічних речовин допускається лише після їх нейтралізації та очищення[31].

На ділянках шліфування, полірування та при застосуванні мокрих засобів обробки пилових матеріалів, стічні води повинні надходити до системи загальної каналізації через відстійники.

Висновки до розділу 5.

Отже, система управління охороною праці є однією з найважливіших складових частин загальної системи управління виробництвом. Її головним завданням є створення безпечних і здорових умов праці.

Проведений аналіз потенційної небезпеки і шкідливих факторів на виробництві. Представлені вимоги до технологічних процесів, виробничих приміщень та технологічних матеріалів застосовуваних для утворення багатокomпонентних функціональних матеріалів.

Прописані вимоги до розміщення виробничого обладнання, зберігання і транспортування вихідних матеріалів, оброблюваних виробів і відходів виробництва. Наведені вимоги, що висуваються до кваліфікаційної освіченості персоналу і до застосування засобів захисту для працівників.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі розглянута конструкція сучасних інноваційних сендвіч-матеріалів, досліджені їх фізико-механічні властивості та галузі застосування. Підібрані матеріали для виготовлення експериментальних зразків сендвіч панелей. Наведені фізико-механічні властивості матеріалів, які використовують для виготовлення експериментальних зразків сендвіч конструкції.

Розглянута методика проведення експериментів по визначенню густини, міцності при стисканні, теплопровідності зразків сендвіч панелей.

Розглянута методика дослідження макро- і мікроструктури зразків, підготовка зразків для дослідження.

Проведені експерименти з визначення щільності, міцності при стисканні, теплопровідності.

Випробування зразків сендвіч матеріалів на міцність при стисканні при 10% деформації показали, що найбільш ефективним способом ламінування є ламінування з поперечним посиленням. При такому способі ламінування міцність при стисканні зразків вдвічі вища ніж без ламінування та двосторонньому ламінуванні (справедливо для зразків з вільно спіненим та екструзійним пінополістиролом).

Недоліком ламінування з поперечним посиленням є закономірне зростання щільності зразків в 5-10 разів.

Випробування на теплопровідність показали зменшення теплопровідності для зразків з двостороннім ламінуванням в порівнянні з не ламінованими зразками (справедливо для зразків з вільно спіненим та екструзійним пінополістиролом).

Зразки з двостороннім ламінуванням і поперечним посиленням мають теплопровідність, порівнянну з не ламінованими зразками.

Як показав макроаналіз, ламіновані зразки сендвіч панелей після температурного впливу мають більш високу стійкість матеріалу до температури ніж не ламіновані зразки.

Випробування зразків показали, що двостороннє ламінування пінополістиролу при виготовленні сендвіч панелей істотно зменшує теплопровідність і збільшує стійкість до високих температур при цьому не істотно впливає на збільшення щільності матеріалу. Технологію двостороннього ламінування доцільно використовувати під час виготовлення сендвіч конструкцій у житловому будівництві, авіації, кораблебудуванні тощо.

В економічній частині провели розрахунок підсумкового кошторису витрат на НДР по даному проекту.

У розділі охорона праці, навколишнього середовища та техніка безпеки провели аналіз потенційної небезпеки і шкідливих факторів на виробництві. Представлені вимоги до технологічних процесів, виробничих приміщень та технологічних матеріалів, що застосовуються для утворення багатокомпонентних функціональних матеріалів.

Прописані вимоги до розміщення виробничого обладнання, зберігання і транспортування вихідних матеріалів і відходів виробництва. Наведені вимоги, що висуваються до кваліфікаційної освіченості персоналу і до застосування засобів захисту для працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гришин, В.И. Прочность и устойчивость элементов и соединений авиационных конструкций из композитов. / В.И. Гришин, А.С. Дзюба, Ю.И. Дударьков // М.: АНО «Физмалит», 2013. 272 с.
2. Брусенцева, Т.А. Композиционные материалы на основе эпоксидной смолы и наночастиц / Т.А. Брусенцева, А.А. Филиппов, В.М. Фомин // Известия Алтайского государственного университета. 2014. №1(81). С. 25-27.
3. Фитцер, Э. Углеродные волокна и углекомполиты: Пер. с англ. / Под ред. А.А. Берлина. // – М.: Мир, 1988. –366 с.
4. Бохоева, Л.А. Испытание на прочность кольцевых образцов из слоистых композиционных материалов с межслойными дефектами / Л.А. Бохоева, А.С. Чермошенцева // Вестник Бурятского государственного университета. 2011. №9. С. 230-236.
5. Белова, Н.А. Композитные материалы на основе углеродных волокон / Н.А. Белова // Молодой ученый. – 2015. – №24.1. – С. 5-7. – URL
6. Жуков, М.О. Исследование возможности применения модификаторов на основе углеродных наноструктур в технологии эффективных строительных материалов / М.О. Жуков // Молодой ученый. – 2012. – №5 с. 16-20.
7. Corvette's composite leaf spring will weight 80 percent Less // Production. 1980. April. P.67
8. Lamm, Michael. The Newest Corvette / Lamm, Michael: [Электронный ресурс].
9. Патент США № 3586307. Composite spring assembly / Brownyer Nelson R. Оpubл. 22.07.1971.
10. Pankaj Saini, Ashish Goel, Dushyant Kumar Design and analysis of composite leaf spring for light vehicles // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2013.

11. Dadasaheb Gaikwad, Rakhi Sonkusare, Sameer Wagh Composite Leaf Spring for Light Weight Vehicle- Materials, Manufacturing Process, Advantages & Limitations // International Journal of Engineering Science and Technology. 2012.

12. Automotive suspension systems benefit from composites // Reinforced Plastics. 2003. №47(11). С. 18-21.

13. Золотухин, И.В. Новые направления физического материаловедения / И.В. Золотухин, Ю.Е. Калинин, О.В. Стогней // – Воронеж : Изд-во Воронежского гос. ун-та, 2000. – 360 с.

14. Wong, S.S. Carbon nanotube tips: high-resolution probes for imaging biological systems / S.S. Wong et al. // Journal of the American Chemical Society. – 1998. – Vol. 120. – P. 603.

15. Yudasaka, M. Mechanism of the effect of NiCo, Ni and Co catalysts on the yield of single-wall carbon nanotubes formed by pulsed Nd:YAG laser ablation / M. Yudasaka et al. // Journal of Physical Chemistry. – 1999. – Vol. 103. – P. 6224 – 6229.

15. Haiyan, Li , Zhisheng Zhang , Xiaofei Ma. (2007) Synthesis and characterization of epoxy resin modified with nano-SiO₂ and γ -glycidoxypropyltrimethoxy silane. ScienceDirect., 201, pp. 5269-5272.

16. Maser, W.K. Production of high-density single-walled nanotube material by a simple laser-ablation method / W.K. Maser et al. // Chemical Physics Letters. – 1998. – Vol. 292. – P. 587 – 593.

17. Hassan Mahfuz. (2008) Reinforcement of nylon 6 with functionalized silica nanoparticles for enhanced tensile strength and modulus. Nanotechnology, IOP Publishing Ltd, No19,pp 1-7.

18. Мищенко, С.В. Исследование корреляции диэлектрической и калориметрической степени отверждения углепластиков / С.В. Мищенко, О.С. Дмитриев, А.О. Дмитриев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2004. – Т. 10, № 1Б. – С. 195 – 200.

19. S.-Y. Fu, X.-Q. Feng, B. Lauke, Y.-W. Mai. Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate–polymer composites. *Composites: Part B* 39. (2008). P. 933–961.

20. Грищенко, С.В. Разработка макромодели слоистого композита для анализа напряженно-деформированного состояния нерегулярных зон типовых конструкций планера самолета // Труды МАИ. 2013. №65. URL:

21. Хмелев, В.Н. и др. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности // Бийск. 2010.

22. Новицкий, Б. Г . Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах // Химия, 1983. – 192 с.

23. Хмелев, В.Н. и др. Метод расчета оптимальных интенсивностей ультразвукового кавитационного воздействия на вязкие и высокодисперсные жидкие среды // XII международная конференция – семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM'. 2011.

24. Негров, Д.А. Влияние ультразвуковых колебаний на структуру полимерного композиционного материала / Д.А. Негров, Е.Н. Еремин // Омский научный вестник. – 2010. – № 2 (90). – С. 12–15.

25. Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля / Д. Брандон, У. Каплан // – М. : Техносфера, 2004. – 384 с.

26. Марихин, В.А. Надмолекулярная структура полимеров / В.А. Марихин, Л.П. Мясников. – Л. : Химия, 1977. – 240 с.

27. Dekkers MEJ, Heikens D. The effect of interfacial adhesion on the tensile behavior of polystyrene–glass-bead composites. // *J Appl. Polym. Sci.*1983;28: P. 3809–3915.

28. Rhein, L.D. Surfactants in personal care products and decorative cosmetics // E.3. 2006: Publisher CRC Press. P. 480.

29. Гальчинський, А.С. та інші Основи економічних знань: Навчальний посібник. // – К.: Вища школа, 1999. – 544 с.

30. ГОСТ 5159-2011. Санитарные правила при производстве эпоксидных смол и материалов на их основе.

31. ДСН 3.3.6.042-2013. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

32. ГОСТ12.1.030-2012. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – Дата введения с 01.07.2012.

33. ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять».

34. ДСТУ 3042-2005 «Устаткування технологічне для переробки полімерних матеріалів».

35. ДСТУ 3831-98 «Охорона навколишнього природного середовища».