

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Прикладне матеріалознавство та технологія

конструкційних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.П. Гапонова

«___» _____ 2020 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема: «Дослідження впливу складу ламінату на фізико-механічні властивості полімерного матеріалу з епоксидною матрицею»

Студент гр. МТ.м-91 _____ Яровий О.О.

Керівник _____ Юскаєв В.Б.

Консультант
з економічної частини _____ Берладір Х.В.

Консультант
з охорони праці _____ Говорун Т.П.

Нормоконтроль _____ Дегула А.І.

Суми 2020

Завдання на кваліфікаційну роботу

АНОТАЦІЯ

Яровий Олександр Олександрович. Дослідження впливу складу ламінату на фізико-механічні властивості полімерного матеріалу з епоксидною матрицею.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістр за спеціальністю 132 – матеріалознавство. – Сумський державний університет, 2020р.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню впливу кількості шарів тканого наповнювача і його виду на міцність властивості. У якості тканого наповнювача використовували склотканину, вуглецеву біоксинально тканини кевлар. У якості матриці використовували епоксидну смолу.

Зразки ламінату отримували методом вакуумного формування.

Визначено щільність отриманих зразків і проведено випробування на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем, ударну міцність.

Проведена оцінку міцності і ступеня пошкодження зразків ламінату.

Зроблені висновки та рекомендації щодо застосування розробленого ламінату.

Ключові слова: ПОЛІМЕРНИЙ КОМПЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ, КАРБОН, СКЛОВОЛОКНО, КЕВЛАР, ЕПОКСИДНА СМОЛА.

ANNOTATION

Yarovy Alexander Alexandrovich. Investigation of the influence of the laminate composition on the physical and mechanical properties of a polymeric material with an epoxy matrix.

Qualifying work for a master's degree in 132 - Materials Science. - Sumy State University, 2020

Qualification work is devoted to research the influence of the number of layers of woven filler and its type on the strength properties of the laminate. Fiberglass, carbon bioxial fabric, and Kevlar were used as a woven filler. An epoxy resin was used as a matrix.

Laminate samples were obtained by vacuum forming.

The density of the obtained samples was determined and tests were carried out for resistance to damage when hit by a falling load, impact strength.

The strength and degree of damage of laminate samples was evaluated.

Broken visnovka and recommendations for storing broken laminate.

Key words: POLYMER COMPOSITE MATERIAL, CARBON, FIBERGLASS, KEVLAR, EPOXY RESIN.

ПУМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

σ_b , МПа – поріг міцності;

σ_t , МПа – поріг текучості;

ψ , % – відносне видовження;

δ , % – відносне звуження;

HV – твердість за Віккерсом;

τ год. – час;

H_μ, ГПа – мікротвердість;

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра включає в себе сторінки 105, у тому числі 15 таблиць, 34 рисунків, бібліографії із 28 літературних джерел.

Мета роботи – створення полімерного композитного ламінату з заданими фізико-механічними властивостями.

Завдання дослідження. Провести аналіз сучасних технологій отримання полімерних композитних ламінатів. Дослідження впливу використання тканого матеріалу різного виду на фізико-механічні властивості ламінату. Проаналізувати вплив термічної обробки на властивості ламінату. На основі отримання результатів зробити висновки та рекомендації.

Об'єкт дослідження – полімерний композитний ламінат з матрицею епоксидної смоли і тканого наповнювача – склотканини, вуглетканини, кевлара.

Предмет дослідження – фізико-механічні властивості, структура полімерного композитного ламінату.

Методи досліджень – визначення щільності, випробування на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем, ударну міцність, макроструктурний аналіз зони пошкодження.

Наукова новизна: встановлено вплив складу полімерного композитного ламінату і термообробки на його фізико-механічні властивості.

ЗМІСТ

Анотація	2
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	5
Реферат.....	6
Зміст.....	7
Вступ.....	9
Розділ 1.....	11
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	11
1.1 Сучасні композитні матеріали.....	11
1.2 Класифікація композиційних матеріалів.....	12
1.3 Технологія виробництва склопластику.....	16
1.4 Состав ламінату	29
Висновки.....	42
РОЗДІЛ 2.....	43
МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ	43
2.1 Матеріали дослідження	43
2.2 Метод випробування на сопроотивление повреждению при ударе падающим грузом	48
2.3 Випробування на удар ГОСТ 4647-80.....	61
2.4 Макро і мікроаналіз пластмас	68
Висновки	72
РОЗДІЛ 3.....	73
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	73
3.1 Вибір технології та виготовлення зразків ламінату.....	73

3.2	Визначення щільності зразків.....	82
3.3	Випробування на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем..	82
3.4	Випробування з визначення ударної в'язкості.....	85
	Висновки.....	89
	РОЗДІЛ 4.....	91
	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	91
4.1	Визначення річного економічного ефекту від заміни одного матеріалу іншим	91
	Висновки.....	92
	РОЗДІЛ 5.....	93
	ОХОРОНА ПРАЦІ, НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	93
5.1	Порядок забезпечення робітників і службовців спецодягом та засоби захисту.....	93
5.2	Заходи проти отруєння	94
5.3	Заходи проти пошкодження очей.....	95
5.4	Заходи проти вдихання пилу і шкідливих газів	95
5.5	Правила громадської безпеки.....	96
5.6	Протипожежні заходи.....	97
5.7	Правила зберігання отруйних і запалюють речовин.....	98
	Висновки.....	99
	ВИСНОВКИ.....	100
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	103

ВСТУП

Широке використання полімерних матеріалів визначається їх механічними властивостями і високою міцністю в поєднанні зі здатністю до великих оборотних деформацій. Створення нових полімерних матеріалів з наперед заданими функціональними властивостями є однією з головних проблем сучасної полімерної науки. Виконання цього завдання вимагає знання фундаментальних закономірностей, що пов'язують фізико-хімічні властивості полімерних матеріалів з їх молекулярною структурою, а також розробки на цій основі методів керування властивостями композиційних систем. Добре відомо, що змішання полімерів дозволяє створювати матеріали, характеристики яких є проміжними між властивостями вихідних компонентів. Прикладом таких змішуються полімерних систем є композиційні матеріали.

Актуальність теми – створення полімерних композитних ламінатів з заданими фізико-механічними властивостями є актуальним сучасним завданням при проектуванні і виробництві деталей кузова автомобілів, літакобудування, суднобудування, космонавтики, вітроенергетики і т.д.

Мета роботи – створення полімерного композитного ламінату з заданими фізико-механічними властивостями.

Завдання дослідження. Провести аналіз сучасних технологій отримання полімерних композитних ламінатів. Дослідження впливу використання тканого матеріалу різного виду на фізико-механічні властивості ламінату. Проаналізувати вплив термічної обробки на властивості ламінату. На основі отримання результатів зробити висновки та рекомендації.

Об'єкт дослідження – полімерний композитний ламінат з матрицею епоксидної смоли і тканого наповнювача – склотканини, вуглетканини, кевлара.

Предмет дослідження – фізико-механічні властивості, структура полімерного композитного ламінату.

Методи досліджень – визначення щільності, випробування на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем, ударну міцність, макроструктурний аналіз зони пошкодження.

Наукова новизна: встановлено вплив складу полімерного композитного ламінату і термообробки на його фізико-механічні властивості.

Практичне значення отриманих результатів. Досліджено вплив складу ламінату на фізико-механічні властивості полімерного композитного матеріалу, 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 104 сторінки, у тому числі 15 таблиць, 34 рисунків, бібліографії із 28 літературних джерел.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Сучасні композитні матеріали

Композити - це матеріали, що складаються з двох або більше компонентних конструктивних елементів (армуючих елементів і скріплює їх матриці) і володіють властивостями, відмінними від сумарних властивостей компонентів. При цьому передбачається, що компоненти, що входять до складу композита, повинні бути добре сумісними і не розчинятися чи іншим способом поглинати одна одну. [1]

У широкому сенсі композиційний матеріал - це будь-який матеріал з гетерогенною структурою, тобто зі структурою, що складається мінімум з двох фаз. [1]

Таке визначення дозволяє віднести до композиційним матеріалів абсолютно більшість металевих матеріалів, оскільки вони або навмисно створюються багатофазними, або вважаються одне фазними, але в них є неметалеві включення. Полімерні матеріали також можна віднести до композитам, оскільки крім основного компонента (полімеру) в них присутні різні наповнювачі, барвники та ін. Матеріали природного походження (кістки людини і тварин, деревина) також можна віднести до композиційних. Наприклад, деревина є композицією з пучків целюлозних волокон трубчастої будови, скріплених матрицею з органічних речовини - лігніну.

Для того щоб виділити композиційні матеріали (КМ) його структурне походження, підкреслити їх характерні особливості найбільш повним вважається визначення, згідно з яким: до композитам відносяться матеріали, що володіють рядом ознак:

- склад, форма і розподіл компонентів матеріалу «запроектвані заздалегідь»;
- матеріал не зустрічається в природі, а створений людиною;
- матеріал складається з двох або більше компонентів, розрізняються за хімічним складом і розділених вираженою межею;
- властивості матеріалу визначаються кожним з його компонентів, які повинні бути присутніми в матеріалі в досить великій кількості (більше деякого критичного змісту);
- матеріал володіє такими властивостями, яких не мають його компоненти, взяті окремо;
- матеріал неоднорідний в мікромасштабі і однорідний в макромасштабі.

Першими прикладами наукового підходу до створення штучних композиційних матеріалів вважають появу залізобетону і склопластиків. Залізобетон складається зі сталевих арматур і бетону, відмінно сприймає стискаючі навантаження і дуже погано чинить опір розтягують напруженням. При поєднанні бетону і металу у вигляді сталевих прутків, певним чином розташованих у виробі і добре сприймають навантаження, що розтягують, виходить залізобетон, що поєднує якості обох компонентів.[2]

Перший патент на полімерний композиційний матеріал, що містить армовану природними волокнами синтетичну смолу, виданий в 1909 р.

1.2 Класифікація композиційних матеріалів

Для того щоб систематизувати КМ за різними ознаками, грамотно реалізувати процедуру вибору КМ для виготовлення різних деталей, впорядкувати термінологію в галузі матеріалознавства композитів, необхідна обґрунтована класифікація цих матеріалів. [2,3].

Єдиної загальноприйнятої класифікації композиційних матеріалів немає. Це пояснюється тим, що КМ представляють найширший клас матеріалів, що поєднує метали, полімери та кераміку.

Найбільш часто використовується класифікація композиційних матеріалів, в основу якої покладено їх поділ за матеріалознавчий ознакою.

Класифікація КМ по матеріалу матриці (матеріалознавчий принцип).

Найбільш важливим значенням класифікації КМ є матеріал матриці. КМ з металевою матрицею називають металевими композиційними матеріалами (МКМ) [4], з полімерною матрицею - полімерними композиційними матеріалами (ПКМ), з керамічної – керамічно-композиційними матеріалами (ККП). КМ, що містять два і більше різних за складом матричних матеріалу, називають поліматричного.

Назва ПКМ зазвичай складається з двох частин. У першій частині називаються матеріал наповнювача, в другій наводиться слово «пластик», або «волокно». Наприклад, полімерні композити, армовані скловолокном, називаються склопластиками (скловолокнити); металевими волокнами - металопластик (металоволокнитами), органічними волокнами - органопластиками (органоволокнити), борними волокнами - боропластиками (бороволокнити), вуглецевими волокнами - вуглепластик (вуглеволокнитами), азбестовими волокнами – асбесто-пластики (асбоволокнитами).

Для характеристики МКМ частіше використовують подвійне позначення: спочатку матеріал матриці, потім - матеріал волокна. Наприклад, позначення мідь - вольфрам (Cu - відповідає композиції одному матеріалу, в якому матрицею є мідь, а волокнами - вольфрам.

Для ККМ характерно таке ж позначення, як і для МКМ. Наприклад, позначення окис алюмінію-молібден (Al_2O_3 - Mo) відповідає композиційному матеріалу з матрицею з окису алюмінію і молібденовими волокнами.

У деяких випадках для позначення КМ використовується одне складне слово, наприклад бороалюміній або вуглеалюміній. У цьому випадку перша частина слова відповідає матеріалу волокна, а друга - матеріалу матриці

Класифікація відповідно до геометрією армуючих елементів (порошки або гранули, волокна, пластини) приведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікація КМ по геометрії армуючих елементів

Армуючі елементи	Композиційні матеріали
Порошки	Порошкові - дисперсно-упрочнені КМ
Волокна	Волокнисті - КМ, армувані безперервними і дискретними волокнами
Пластини	Пластинчасті - шаруваті КМ, що складаються з чергуються неперервних и дискретних пластин

Класифікація КМ за структурою і розташуванням компонентів

Відповідно до цієї класифікації КМ діляться на групи з матричної, шаруватої, каркасної і комбінованою структурою [5].

Матричну структуру мають дисперсно-зміцнені і армувані КМ.

До матеріалів з шаруватою структурою відносяться композиції, отримані з набору шарів, що чергуються фольги або листів матеріалів різної природи і складу.

До композиційних матеріалів із каркасною структурою відносяться матеріали, отримані методом просочування.

Комбіновану структуру мають матеріали, що містять комбінації перших трьох груп.

Класифікація матричних КМ по схемі армування (конструкційний принцип)

За орієнтації і типу арматури все КМ можна розділити на дві групи - ізотропні і анізотропні.

Ізотропним називають матеріали, які мають однакові властивості в усіх напрямках.

Властивості анізотропних матеріалів залежать від напрямку волокна в об'єкті.

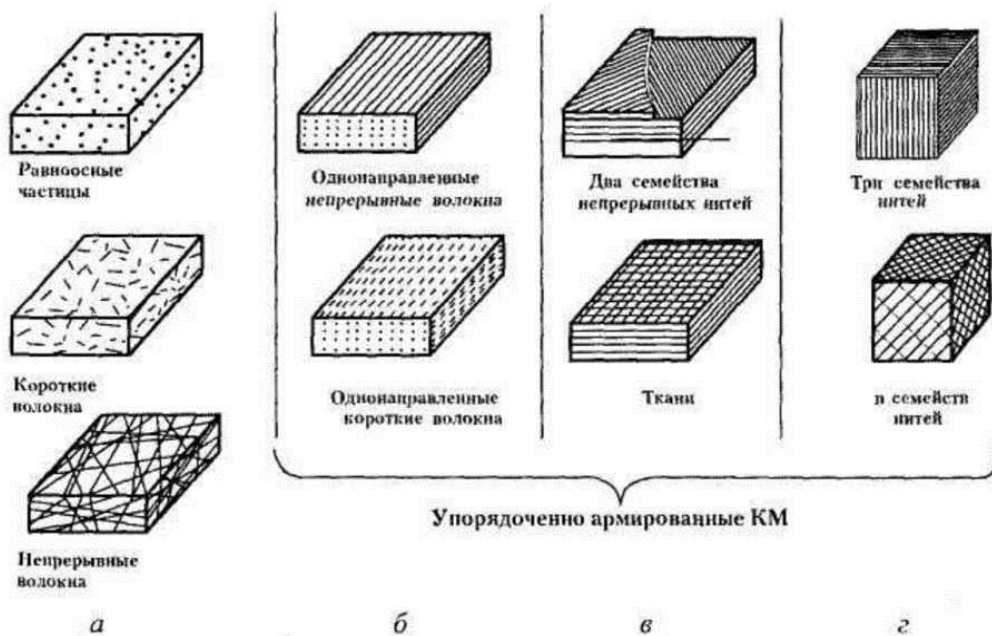


Рисунок 1.1. Класифікація композиційних матеріалів по конструкційною ознакою: хаотично- (а), одномірно- і просторово армовані (б - г)

КМ з матричної структурою діляться на хаотично-армовані і впорядковано-армовані (рис. 5).

Хаотично-армовані КМ містять армуючі елементи у вигляді дисперсних включень, дискретних або безперервних волокон. Ці матеріали є ізотропним або квазіізотропними.

Термін «квазіізотропний» означає, що КМ є анізотропним в мікрообсязі, але ізотропним в обсязі всього виробу.

Впорядковано-армовані КМ підрозділяються на односпрямовані, т.п. одноосні армовані, двовісний-армовані (з поло-кістковим розташуванням арматури) і тривісних-армовані (з обсяг-ним розташуванням арматури).

Класифікація КМ по методам отримання (технологічний принцип)

Відповідно до цієї класифікації КМ діляться на матеріали, отримані рідкофазний і твердофазних методами, а також методами осадження - наплення, комбінованими методами. [5].

До рідкофазний методів належать просочення (просочення арматури полімерами або розплавленими металами) і спрямована кристалізація сплавів.

До твердофазним методам отримання КМ відносяться прокатка, екструзія, кування, штампування, ущільнення вибухом, дифузійна зварювання, волочіння і ін. Композиційні матеріали, одержувані твердофазна методами, використовуються у вигляді порошку або тонких листів.

При отриманні КМ методами осадження - напилення матриця наноситься на волокна з розчинів солей або інших сполук, з парогазової фази, з плазми і т. п.

Комбіновані методи полягають в послідовному або паралельному застосуванні декількох методів.

Класифікація КМ за призначенням (експлуатаційний принцип).

Класифікація КМ за призначенням досить умовна, оскільки часто композити є багатофункціональними матеріалами. Проте, серед безлічі КМ виділяють матеріали загальноконструкційного призначення (несучі конструкції суден, літаків, автомобілів і т.ін.), жароміцні матеріали (лопатки турбін літаків, камери згоряння), термостійкі матеріали (вироби, що працюють в умовах частих теплосмін), фрикційні матеріали (гальмівні колодки), антифрикційні матеріали (підшипники ковзання), міцні матеріали (броня літаків, танків), теплозахисні матеріали, матеріали зі спеціальними властивостями (магнітними, електричними) і ін.

1.3 Технологія виробництва склопластику

Основна особливість виготовлення конструкцій зі склопластику полягає в тому, що сам матеріал і виготовляється з нього виріб створюються одночасно. Ця обставина істотно змінює роль і значення методів виготовлення конструкцій зі склопластику в загальній проблемі їх створення. З цього випливає, що на самих ранніх стадіях проектування конструкцій

необхідно враховувати можливі методи їх виготовлення і їх технологічні особливості [6,7].

Значне збільшення обсягів застосування склопластику в різних галузях техніки призвело до вдосконалення багатьох технологічних прийомів і розробці нових методів, спрямованих в першу чергу, на:

- скорочення частки ручної праці і максимально можливе застосування обладнання та засобів механізації;
- зниження трудомісткості виготовлення, і як наслідок зменшення вартості виробу;
- підвищення технологічності, стабільності виробничого процесу і якості виготовлення;
- покращення санітарно-гігієнічних умов праці.

До числа цих методів відносяться, в першу чергу, метод інфузії і RTM-методи.

При виготовленні склопластикових конструкцій також застосовуються методи контактного формування (ручного формування) і напилення. Особливості перерахованих методів, їх переваги та недоліки і будуть розглянуті нижче.

До числа цих методів відносяться, в першу чергу, метод інфузії і RTM-методи.

При виготовленні склопластикових конструкцій також застосовуються методи контактного формування (ручного формування) і напилення. Особливості перерахованих методів, їх переваги та недоліки і будуть розглянуті нижче.

Вакуумна інфузія

Метод вакуумної інфузії [7] є метод формування склопластикових виробів, при якому за рахунок герметичної плівки, що прилягає до матриці, створюється робоча порожнину з покладеним арміруючим матеріалом (вакуумний мішок). У порожнині створюється вакуум, і за рахунок цього

вакууму, сполучна втягується в робочу порожнину і просочує армуючий матеріал. У порівнянні з методом контактного формування метод інфузії, як і RTM - метод, дозволяє:

- частково механізувати процес за рахунок виключення операцій просочення, накопчення і ущільнення армуючого матеріалу, зменшивши, тим самим вплив людського фактору;

- підвищити якість виготовлення за рахунок автоматизованого контролю кількості сполучного і досягнення більш високої щільності укладки шарів армуючого матеріалу;

- поліпшити умови праці, істотно знизивши викид шкідливих речовин в навколишнє середовище;

- знизити трудомісткість, скоротити тривалість виробничого циклу.

Метод вакуумної інфузії є метод формування склопластикових виробів, при якому за рахунок герметичної плівки, що прилягає до матриці, створюється робоча порожнину з покладеним арміруючим матеріалом (вакуумний мішок). У порожнині створюється вакуум, і за рахунок цього вакууму, сполучна втягується в робочу порожнину і просочує армуючий матеріал. У порівнянні з методом контактного формування метод інфузії, як і RTM - метод, дозволяє:

- частково механізувати процес за рахунок виключення операцій просочення, накопчення і ущільнення армуючого матеріалу, зменшивши, тим самим вплив людського фактору;

- підвищити якість виготовлення за рахунок автоматизованого контролю кількості сполучного і досягнення більш високої щільності укладки шарів армуючого матеріалу;

- поліпшити умови праці, істотно знизивши викид шкідливих речовин в навколишнє середовище;

- знизити трудомісткість, скоротити тривалість виробничого циклу.

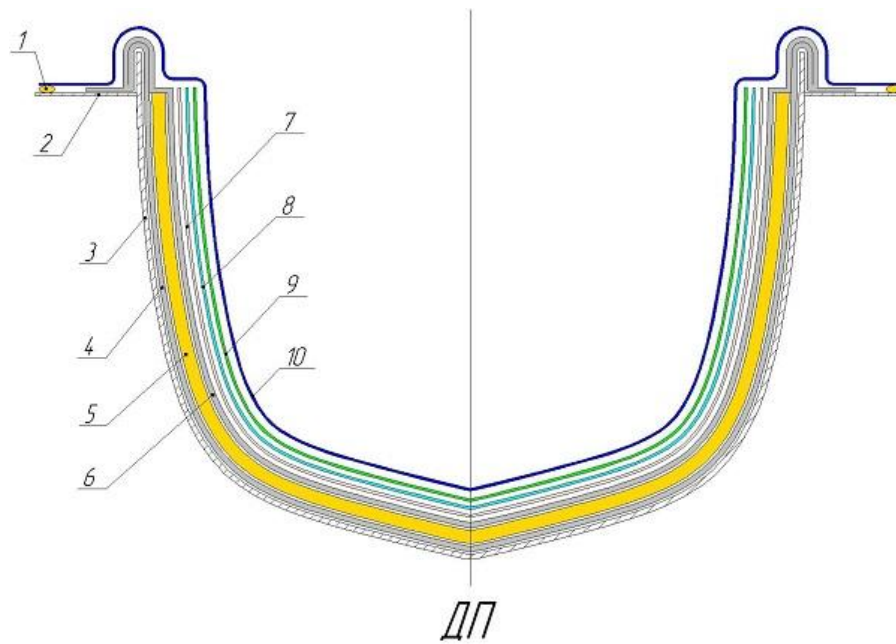


Рисунок. 1.2 Схема укладки вакуумного мішка в матриці корпусу

1. Герметизуючий джгут	6. Внутрішній несучий шар
2. Фланець матриці	7. Роздільна тканина
3. Матриця	8. Перфорована плівка
4. Зовнішній несучий шар	9. Смолопроводящая сітка
5. Заповнювач (ПВХ пінопласт)	10. Вакуумна плівка

Перебіг процесу інфузії залежать від розмірів і форми, що виготовляється конструкції, що застосовуються армуючих матеріалів і сполучного. Перш ніж запустити цей процес, як правило, проводиться його чисельне моделювання, в результаті якого розробляється стратегія інфузії, тобто визначаються точки подачі сполучного, розташування каналів, за якими воно буде поширюватися, місця розподілу вакууму і т.п.

Метод інфузії широко застосовується для виготовлення великих кузовних деталей автомобілів, автобусів, вагонів, деталей літаків, суден і енергетичних агрегатів.

RTM - методи

Метод RTM (Resin Transfer Molding) [7] полягає в тому, що пов'язує вводиться в герметичну порожнину між матрицею і пуансоном, форма якої

повторює форму передбачуваного до виготовлення виробу, в якій попередньо викладений сухий армуючий матеріал.

Ця особливість RTM -методів забезпечує їх наступні переваги:

- Широкі можливості при конструюванні структури склопластику;
- Можливість отримання виробу з високою якістю поверхні на обох сторонах, покритих гелкоутом;
- Висока продуктивність в порівнянні з контактним формуванням;
- Економія робочої сили;
- Точні допуски і висока відтворюваність виробів;
- Мала кількість відходів;
- Можливість отримання високого ступеня склонапвнювача;
- Зниження шкідливих викидів, і отже зменшення витрат на вентиляцію, і мінімальне забруднення навколишнього середовища;
- Зниження впливу «людського фактора».

При виробництві виробів зі склопластику застосовують три різновиди RTM- методу:

1. RTM - стандарт

У цьому методі інжектирування [7] сполучного відбувається за рахунок тиску, створюваного спеціальною установкою. Щоб витримати тиск сполучного, матриця і пуансон повинні бути досить жорсткими, тому їх часто виготовляють з металу або із застосуванням металевих профілів.

2. RTM - MIT

Є різновидом RTM [7] - стандарт, який відрізняється тим, що для підвищення оборотності оснащення між матрицею і пуансоном використовуються змінні вкладиші, в яких безпосередньо і формується виріб.

3. RTM - light

У цьому методі інжектирування [7] сполучного відбувається як, за рахунок тиску, створюваного установкою, так і за допомогою вакууму, який утворюється в робочій порожнині.

Якщо вдається до методу експертних оцінок, то закордонні фахівці оцінюють перевага того чи іншого методу RTM по 10-ти бальною шкалою (10 - найкращий результат, 1 найгірший) наступним чином:

Таблиця 1.2

Метод	Продуктивність	Точність відтворення	Можливість виготовляти вироби площею понад 15 кв.м.	Вартість оснащення та обладнання	Термін служби оснащення	Термін служби оснащення
RTM – стандарт	7	10	6	5	8	5
RTM – MIT	10	10	5	3	10	3
RTM – light	3	7	10	10	3	10

Ручна (контактна) формування виробів зі склопластику

Метод контактного формування склопластику полягає в пошаровому укладанні армуючого матеріалу (тканини, мату) в матрицю на поверхню якої попередньо нанесені антиадгезійне покриття і декоративно-захисний шар гелькоут. Далі армуючий матеріал просочується сполучною і накочується жорстким валиком або шпателем для видалення з сполучного повітряних включень.



Рисунок 1.3. Укладка склоарміруючого матеріалу

Прикатка склоарміруючого матеріалу

Після полімеризації сполучного, виріб піддається термообробці, вилучення з матриці і механічній обробці.

Сьогодні ручна або "контактна" формування виробів зі склопластику популярна серед замовників, так як є якісним і простим способом отримання деталі. Незважаючи на те, що склопластик один з найпопулярніших композитних матеріалів, для ручного формування потрібна висока кваліфікація. Також грає роль такий важливий чинник як майстерність виконавця, яке визначається досвідом. Цим способом виробляється різна продукція, від простих побутових виробів до складних промислових деталей: міцні і легкі корпуси, обважування або обшивки. Ручна формовка не підходить для виробництва серійних екземплярів, для виробництва серійних деталей потрібно вже інший метод. Тому цим методом проводяться тільки одиничні екземпляри або малі партії.

У всі часи ручна праця особливо цінувався і славився акуратністю і точністю. Тому виготовлення деталі своїми руками майстром високої кваліфікації за визначенням є якісною.

Майстерність досвідченого фахівця ніколи не замінить навіть саме професійне обладнання. Але є і свої мінуси.

Переваги контактної формування:

- Відсутність обмежень за розмірами і формою виготовляється вироби - абсолютно будь-які, нестандартні та ексклюзивні деталі (оснащення може виготовлятися індивідуально);
- Відносна простота виготовлення конструкції змінної товщини, а також введення в неї різних підсилень і заставних деталей;
- Порівняно низька вартість оснастки для формування конструкції;
- Можливість використання робітників-формуваньників щодо низької кваліфікації і простота їх навчання;

- Мінімальні капіталовкладення в запуск виробництва, так як відпадає необхідність купувати, встановлювати і використовувати дорогу техніку.
- Однак велика частка ручної праці обумовлює наступне:
- Нестабільність якості виготовлення, яке в значній мірі залежить від кваліфікації формувальників;
- Низьку продуктивність;
- Неможливість досягнення високої щільності укладки армуючого матеріалу;
- Більш висока Кількість відходів; Необхідність в індивідуальних засобах захисту та в потужній вентиляційній системі для видалення з відкритої поверхні виробу, що формується стиролу та інших шкідливих речовин.

Етапи формування склопластику

Деталі зі склопластику, отримані контактної формуванням проходять через безліч етапів виробництва перед тим, як потрапити в руки замовника.

Щоб почати виробництво, необхідно спершу виготовити модель і матрицю для виробу. Модель виробляється часто з МДФ. А також в деяких випадках для виробництва використовується конструкційний пластик.

Деякі роблять модель з використанням гіпсу, металу або глини, але оптимально використовувати перший варіант. Коли модель готова, виробництво переходить на наступний етап, на якому необхідно виготовити форм-матрицю. Тут застосовується спеціальна епоксидна смола, куди додається барвник.

Дана смола називається гелькоут. Матриці, де використовується гелькоут відрізняються тим, що у них відсутня усадка, і вони мають високу міцність. Також при виробництві матриці використовуються конструкційні смоли, розділові склади, склотканина і спеціальний набір інструментів. На матрицю наноситься за допомогою спеціального напилювачі або вручну

гелькоут. Але перед тим, як гелькоут нанести на матрицю його необхідно змішати з затверджувачем. На цьому етапі гелькоут грає роль декоративно-захисного шару. Гелькоут робиться на основі ненасиченого полієфіру і має такі властивості:

- Міцність;
- Гнучкість;
- Довговічність;
- Гигроскопичність;
- Електропровідність;
- Стійкість до агресивних середовищ, таким як різні кислоти, луги.
- Стійкість до температурних перепадів, сонячним променям і атмосферних опадів.

Якщо вам необхідно вибрати колір для майбутнього виробу, то це зробити можливо, тільки необхідно дотримуватися стандарту RAL K7.

Наступний етап необхідно виконати, коли шар гелькоута висохне. Розкриті стекломата, який в свою чергу просочений полімерною смолою, поміщається в матрицю.

На даному етапі полімерна смола служить армуючим елементом.

Склад полімерної смоли підбирається виходячи з потреб замовника, цілей використання створюваної деталі.

На колір виробу впливає склад полімерного заповнювача. Таким чином, можна міняти і діапазон робочих температур виробу. Деяким важливо, щоб виріб не було крихким, а було ударостійким. В такому випадку ми підбираємо склад заповнювача таким чином, щоб відповідало особливим вимогам замовника.

Після скломата необхідно розподілити всередині форми. Далі необхідно прикатать спеціальним валиком внутрішній шар скломата. Там, де валиком пройтися немає можливості, використовується кисть. Це дозволяє позбутися від найдрібніших бульбашок повітря - якщо від них не позбутися,

то це може привести до руйнування виробу і весь процес доведеться повторити.

На останньому етапі формування необхідно почекати, поки затвердіє склопластик і тільки після цього виймати виріб з форми. Природно, в такому первинному вигляді виріб має нерівні і шорсткі краю і кути, залишаються технологічні фланці. Необхідно обрізати фланці, обробити торці і площині механічним способом. Необхідно обрізати фланці, обробити торці і площині механічним способом. При необхідності можна відполірувати виріб.

Застосування засобів механізації

В даний час для реалізації методу контактного формування широко застосовуються засоби малої механізації [8,9]. До них відносяться установки для приготування і дозованої подачі сполучного через гнучкий шланг і телескопічну штангу до валика, за допомогою якого проводиться нанесення сполучного на армуючий матеріал і одночасна його накопчення і ущільнення. Для виконання цих операцій використовуються також спеціальні металеві, гумові і ворсисті валики різної довжини



Рисунок 1.4. Установка для приготування та дозованої подачі сполучного через гнучкий шланг и телескопічну штангу до валика і гнучкий шланг і телескопічну штангу до валика



Рисунок 1.5. Прикатка валиком

При формуванні великих поверхонь широко застосовуються просочувально-укладальні машини. Ці машини працюють з тканинами, матами, а також іншими тканими матеріалами рулонного типу, забезпечують їх просочення заданою кількістю сполучного і укладку на плоску або криволінійну поверхню. Вони змонтовані на спеціальних напрямних, завдяки чому машина може переміщатися уздовж і поперек матриці (пуансона). В окремих випадках (додаткова опція) машина обладнується системою повороту, що дозволяє робити укладання армуючого матеріалу в будь-якому заданому напрямку.

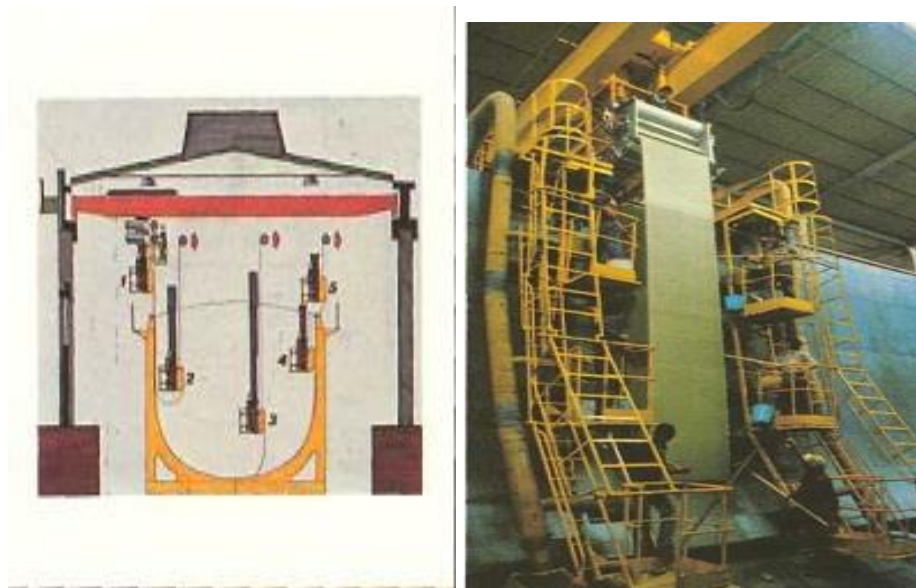


Рисунок 1.6. Процес виготовлення корпусу судна за допомогою укладальних машин (1-5- послідовність руху машини)

Метод напилення

Однією з різновидів методу контактного формування є метод напилення [10], в якому формування проводиться шляхом нанесення рубаного волокна (зазвичай скляного), змішаного зі сполучною, на поверхню матриці або пуансона. Змішання здійснюється в установках, в яких особливих доручень скловолокна проходить через різальний пристрій і вдувається під тиском в струмінь сполучного, що формується розпилювальною системою. Після напилення шару матеріалу заданої товщини може проводитися його прокатка і ущільнення валиками також, як це робиться при укладанні тканин і матів.

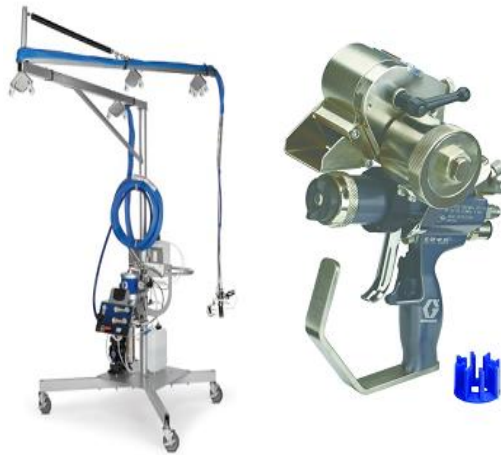


Рисунок 1.7. Розпилюючий пістолет і установка для подачі сполучного з ровінгом

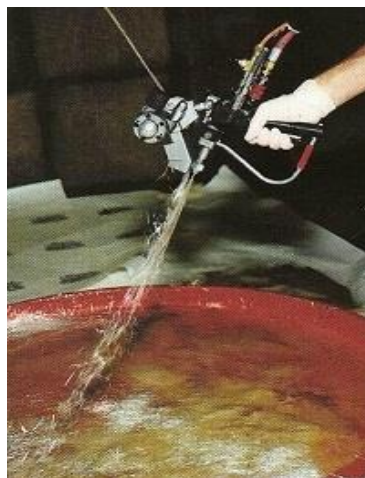


Рисунок 1.8. Формування кришки методом напилення



Рисунок 1.9. Формування корпусу човна методом напилення

Метод напилення є одним з найбільш високопродуктивних способів формування конструкцій. Однак характеристики міцності одержуваного цим методом матеріалу нижче, ніж при використанні тканих армуючих матеріалів. Тому його застосовують в досить великому обсязі при виготовленні корпусів порівняно невеликих човнів, різного виду обтікателів, кришок люків, дверей і інших виробів, тобто в тих конструкціях, до яких не пред'являються високі вимоги по експлуатаційної міцності і надійності.

1.4 Склад ламінату полімерна матриця

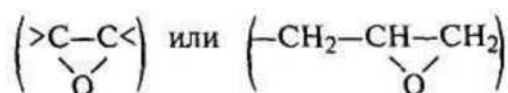
Полімерну матрицю для композиційних матеріалів [11] вибирають, враховуючи умови експлуатації виробів. Від матеріалу матриці значно залежать властивості композиту: міцність, тепло- і вологостійкість, стійкість до дії агресивних середовищ, метод отримання виробу.

Полімери в якості матриці використовують *або в чистому вигляді* (порошки, гранули, листи, плівки), *або у вигляді сполучних*.

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

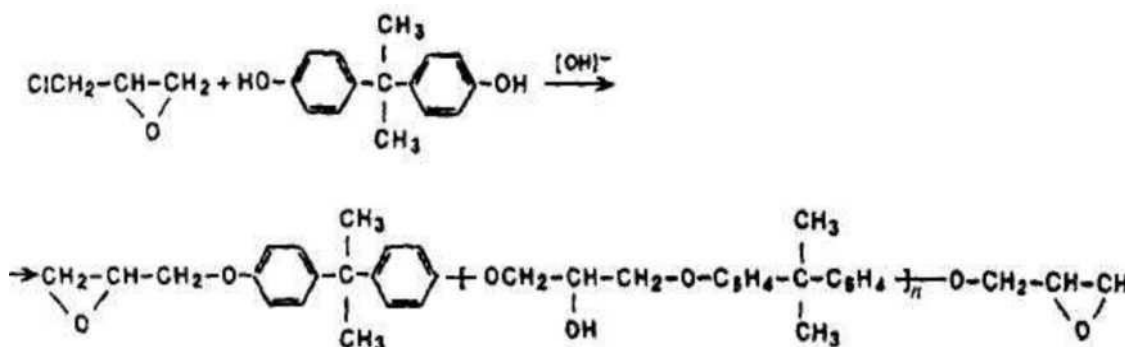
При виробництві армованих пластиків найбільш часто застосовують термореактивні сполучні, при нагріванні яких відбуваються незворотні структурні і хімічні перетворення; безперервно розширюється використання термопластичних полімерів і еластомерів.

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



Отримання ЕС проводиться при конденсації в лужному середовищі епіхлоргідріна або діхлоргідріна гліцерину з сполуками, з-тримають рухливі атоми водню (фенолами, амінами, **гликолями**, кислотами), а також при прямому епоксидуванню непередельних з'єднань органічними пероксикислоти або пероксидом водню.

Реакція між епіхлоргідрином і діфенілолпропаном призводить до отримання діановій ЕС:



Незатверділа смола має вид густої речовини або хрупкої речовини..

У молекулах діанової смоли є функціональні групи двох типів - епоксидні і гідроксильні. Тому затверджувачами цих смол можуть бути сполуки різних класів, а режими затвердіння варіюються в широкому діапазоні: як без підведення тепла, при нагріванні, у воді.

Діанові ЕС з молекулярної масою нижче 600-1000 є рідкими продуктами, понад 1000 - склоподібними продуктами. Смоли розчинні в

кетонах, ефірах, ароматичних вуглеводнях; мають високу стійкість до дії лугів, солей, окислювачів, органічних розчинників. Полімерні композиційні матеріали, виготовлені на основі епоксидних смол, мають високі механічні властивості.

Технологія отримання матеріалів на основі епоксидних смол залягає у просочуванні волокон, тканин, паперу; затвердіння і обробці методами прямого пресування, контактного формування, вакуумного формування та ін. Температура переробки становить 20 ... 180°C.

Листові наповнювачі

Волокнистих наповнювачів [12] можна надати і зафіксувати плетінням, склеюванням та іншими методами різну структуру. Листові (плівкові) наповнювачі із заданою структурою у вигляді тканин різного плетіння (сатинова, саржеве, полотняне), паперу, деревного шпону, стрічок, полотен, тканих ровінг, сіток і нетканих матеріалів використовують для отримання шаруватих пластиків.

З шаруватих пластиків найбільшого поширення набули текстоліти. Для виготовлення текстолітів застосовують легкі (маса 1м - до 150г), середні (до 300 г) і важкі (понад 300 г) тканини різного плетіння і неткані волокнисті матеріали масою до 820 г. Широко використовуються бавовняні (бязь, міткаль, бельтинг, шифон) і синтетичні тканини (віскозне, ацетатні, поліамідні, поліефірні).

Найпоширенішими наповнювачами є скло - і вуглецеві тканини і матеріали на їх основі - склотекстоліти і карботекстоліти. У порівнянні зі склотекстоліту (густиною 1600 -2100 кг / м) органотекстоліти мають меншу щільність (1300-1400 кг / м) і теплопровідність, краще піддаються механічній обробці, але поступаються їм по міцності, тепло - і хімічної стійкості.

Природу волокна, вид плетіння, масу 1м², пористість листових наповнювачів вибирають в залежності від вимог, пред'явлених до виробів.

Наповнювачі у вигляді сіток використовують для армування полімерних матеріалів в двох напрямках, а також отримання антифрикційних стрічкових матеріалів. Матеріалом для виготовлення сіток найчастіше служать металеві, скляні, вуглецеві і полімерні волокна.

Властивості наповнювачів

Основну механічне навантаження в армованих пластиках несуть волокна, і вони, головним чином, визначають міцність і жорсткість матеріалу. Порівняльна характеристика волокон приведена в табл. .

Таблиця 1.3

Порівняльна характеристика волокон

Властивості	Волокно			
	Скляне	Борне	Вуглецеве	Арамідне
Механічні властивості				
Питома міцність	Дуже висока	Висока	Середня	Висока
Питомий модуль	Низький	Високий	Середній	Високий
Опір удару	Задовільне	Високе	Погане	Високе
Подовження при розриві	Високе	Низьке	Середнє	Середнє
Теплофізичні				
Стабільність	Відмінно	Відмінно	Середня	Відмінна
Теплопровідність	Низька	Середня	Висока	Низька
Коефіцієнт лінійного температурного розширення	Дуже низька	Дуже низька	Середній	Середній
Демпфуюча здатність	Задовільно	Висока	Добра	Відмінна
Виробничо-технологічні				
Найменший радіус вигину	Дуже великий	Малий	Малий	Малий
Чутливість до пошкоджень при переробці	Середня	Середня	Висока	Низька
Можливість переробки в стрічки, тканини	Добра	Погана	Добра	Добра
Вартість	Низька	Висока	Помірна	Помірна

Для виробництва полімерних композиційних матеріалів частіше застосовують скляні, вуглецеві, борні і органічні волокна.

СКЛЯННІ ВОЛОКНА

Склопластики є одними з найбільш вживаних кому позиційних матеріалів, що зумовлено їх високими властивостями і відносно невисокою вартістю [13].

Для виробництва склопластиків використовуються скляні вікна різного типу. Основу скла становить кремнезем SiO_2 . Температура плавлення діоксиду кремнію дуже висока, для її зниження в скло можуть бути введені різні добавки, що змінюють при цьому властивості кінцевого продукту. *Скло* - це аморфний матеріал, який не має кристалічної будови. Широку поширеність скляних волокон зумовлює їх спектр переваг:

- відносно невисока щільність волокон 2,4-2,6-10 кг / м;
- високий рівень міцності в умовах дії напруги, що розтягують, питома міцність (відношення межі міцності до щільності) скловолокна вище, ніж сталевого дроту;
- хороші електроізоляційні властивості;
- волокна не горять і не підтримують горіння;
- можливість експлуатації при підвищених температурах;
- низький коефіцієнт лінійного температурного розширення і високий коефіцієнт теплопровідності;
- хімічна стійкість, стійкість до дії грибків, бактерій і комах;
- підвищена вологостійкість, збереження високих характеристик міцності властивостей в середовищах з підвищеною вологістю.

Зазвичай форма перетину скляних волокон являє собою коло. Однак в деяких випадках випускають порожнисті і профіліровані волокна з формою перетину у вигляді трикутника, квадрата, шестикутника і прямокутника.

Скляні волокна використовуються в вигляді як безперервних ниток, так і різаного (штапельного) волокна.

Технологічний процес отримання волокна полягає в підготовці кварцового піску, вапняку, борної кислоти, глини, вугілля, флюорита і інших компонентів, їх перемішуванні і плавленні в високо температурних печах (температура плавлення приблизно 1260°C).

Розрізняють *одно- і двохстадійні процеси* отримання скловолокна.

При *одностадійному процесі* розплав скла надходить безпосереднім в обладнання, що дозволяє отримувати скляну нитку, пряжу, ровінг або різане волокно (штапель). Елементарні волокна об'єднують в нитки і пропускають через пристрій, в якому на нитку наноситься спеціальне покриття - замаслювач, що підвищує компактність нитки і захищає її від механічного впливу. Зібрані в єдиний пучок елементарні волокна називають *джгутом* або *стренгами*. Залежно від потреби відбувається подальша переробка скловолокна в пряжу, ровінг або штапельне (різане) волокно.

При реалізації двохстадійного процесу розплав спочатку перероблюється в склосфери, які потім надходять в плавильні печі і далі переробляються в кінцевий продукт.

При виробництві скляних волокон використовують два типи замаслювачів, що запобігають стирання волокон при їх транспортуванні і подальшій переробці.

Одні з них - технологічні замаслювачі - застосовують тільки на стадії переробки волокна. Перед виготовленням композиційного матеріалу технологічні замаслювачі змивають або видаляють шляхом нагрівання волокна до 1400°C. В якості технологічних замаслювачів застосовують парафінову емульсію, матеріали на основі крохмалю і інші склади. Для того щоб забезпечити хороші адгезійні властивості скляних волокон, іноді після видалення технологічних замаслювачів на їх поверхню наносять спеціальні матеріали, називаються звані апретами, що сприяють створенню міцного зв'язку на кордоні між волокном і полімерною матрицею.

Інший тип замаслювачів - активні замаслювачі - виконують подвійну функцію. Вони одночасно оберігають поверхню волокна від механічного

впливу і покращують адгезію між склом і полімерною матрицею. Активні замаслювачі з поверхні скловолокна будуть збережені.

Властивості скла визначаються їх хімічним складом. Типовими (комерційними) марками скла вважаються марки А, С, Е, В. Найбільш поширені високолузні (натрієві, темно-зелені) скла. Наявність великого вмісту луку визначає їх невисокі електричні властивості. Для усунення цього недоліку о розроблено низькощолочне скло, мають хороші електроізоляційні властивості.

ВУГЛЕЙЕВІ ВОЛОКНА

Унікальним видом зміцнюючих волокон є вуглецеві волокна (УВ). Обсяг застосування вуглецевих волокон при виготовленні композиційних матеріалів [14] постійно зростає, що пояснюється високим рівнем їх властивостей:

- за питомими показниками вуглецеві волокна перевершують всі жаростійкі волокна;
- межа міцності високомодульних УВ становить 2,5-3,5 ГПа;
- модуль пружності дорівнює 200-700 ГПа;
- щільність вуглецевих волокон (1600-1800) кг / м нижче щільності графіту (2260 кг / м), що пов'язано з великою пористістю волокон і їх менш досконалою структурою;
- висока хімічна стійкість до дії більшості агресивних середовищ характерна для УВ.

Залежно від умов обробки вуглецеві волокна діляться на карбонізованого і графітизованого.

Температура термічної обробки карбонізованого волокон складає 900-2000°C, вміст вуглецю в них - 80-99%.

При отриманні графітизованих волокон температура термообробки досягає 3000°C. Вуглецю в них міститься більше 99%. Для проведення

графітизації, як правило, використовують карбонізованого волокна.

Виробництво вуглецевих волокон засноване на нагріванні полімерів в інертному середовищі та їх термічної деструкції.

Карбонізація і графітизація проводяться в вакуумі, в різних контрольованих середовищах (метан, азот, аргон та ін.), А також у вугільній, коксової і графітової засипках. Під час розкладання полімерів утворюються летючі продукти і залишається твердий коксовий залишок. Перетворення органічних волокон в вуглецеві волокна пов'язано з

протіканням складних реакцій, кардинальною зміною структури при збереженні елементів первісного полімерного скелета.

Для отримання УВ використовують тільки волокнисті полімери, що не плавляться при термічній обробці і забезпечують в кінцевому продукті високий вихід по вуглецю і високі механічні властивості. До таких полімерів відносять поліакрилонітрильні волокна (ПАН-В), гідратцеллюлозні волокна (віскозні, ГЦ-В), багаті вуглецем пекі (звичайні і мезофазних) і органічні волокна, отримані з фенольних смол. З них основними видами сировини при отриманні вуглецевих волокон є ПАН-В і ГЦ-В.

З поліакрилонітрильних волокон отримують високоміцні високомодульні УВ. Перевагами цього виду сировини є великий вихід по вуглецю і більш проста технологія (нижча температура нагріву матеріалу). Недолік їх використання полягає у виділенні отруйної речовини - синильної кислоти. Гідратцеллюлозні волокна позбавлені цього недоліку, крім того вони дешевше пан-В, тому широко використовуються для виробництва вуглецевих волокон.

Технологічний процес отримання волокон з гідратцеллюлозної ниток включає стадії текстильної підготовки матеріалу, окислення, карбонізації, графітизації.

Текстильна підготовка розчинниками або поверхнево речовинами необхідна для видалення вологи, неорганічних домішок і органічних

речовин, в тому числі і замаслювачів. Після сушіння целюлози на стадії окислення при температурі 350-400 ° С спостерігаються великі втрати маси матеріалу і в результаті в залишку міститься не більше 60-70% вуглецю. Далі при температурі 900-1500 ° С здійснюється карбонізує волокон. Матеріал ще більшою мірою збагачується вуглецем. Остаточна стадія термічної обробки волокон - графітизація - реалізується в середовищі аргону і триває всього лише кілька хвилин. Початкова температура цієї стадії визначається кінцевою температурою карбонізації, а кінцева температура становить ~ 2600-2800°C. Зміст вуглецю у волокні після закінчення графітизації перевищує 99%. При поєднанні процесу перетворення ГЦ-В в вуглецеві з операцією їх витягування отримують волокна з поліпшеними міцності і пружними властивостями.

ОРГАНІЧНІ ВОЛОКНА

Органічні арамідні і поліетиленові волокна в основному використовуються для виробництва полімерних композиційних матеріалів.

Арамідні волокна відносяться до класу ароматичних поліамідних матеріалів.

Вперше вони з'явилися в 1971 р під торговою маркою «Кевлар» (фірма «Дюпон») [15]. Волокна «Кевлар-29» випускається у вигляді технічних ниток різного призначення і використовуються переважно при виробництві кабелів і канатів, для виготовлення корду автомобільних шин. Волокна «Кевлар-49» виробляють у вигляді пряжі, ровінгу і тканин і використовують для виготовлення підлог, дверей, перегородок літаків і вертольотів. Ці матеріали знаходять застосування при виготовленні корпусів ракетних двигунів, захисних касок, куленепробивних жилетів, човнів, хокейних клюшок і іншого спортивного спорядження. При виробництві полімерних композиційних матеріалів в якості матричного матеріалу частіше використовуються епоксидні або поліефірні сполучні.

Перевагами цих волокон є високі механічні властивості в широкому діапазоні температур і хороша хімічна стійкість.

Ароматичні кільця сприяють переважної орієнтації макромолекул поліаміду уздовж однієї осі, що збігається з осями волокон «Кевлар». У поперечному напрямку взаємодія здійснюється за допомогою водневих зв'язків, а в поздовжньому напрямку реалізуються ковалентні зв'язку макромолекули. Таким чином, волокна мають високу анізотропією механічних властивостей: високою поздовжньої і низькою поперечної міцністю.

Хімічний склад і структура арамідних волокон визначають їх унікальні властивості. Вони володіють найвищими серед органічних волокон значеннями міцності властивостей і модуля пружності: при щільності волокон ~ 1440 кг / м межа міцності при розтягуванні складає 2700-3300 МПа, максимальний модуль пружності 96,5 ГПа (Кевлар-29) і ~ 128 ГПа (Кевлар -49).

У порівнянні зі скляними і вуглецевими волокнами арамідні волокна є більш пластичними. Їх подовження при розтягуванні складає $\sim 2-4\%$. Недоліком арамідних волокон є сорбіровання вологи, в результаті чого властивості знижуються на 15-20%.

Отримання арамідних ниток здійснюють «сухо-мокрим» способом. Розчин очищеного волокно-утворюючого полімеру в сильній кислоті при 50-100°C екстрадується через філь'єру прядильної головки і потрапляє в повітряний прошарок товщиною 5-19 мм. Діаметр одиночного волокна становить ~ 12 мкм. Далі волокна проходять через осадительную ванну з холодною водою (температура нижче 4°C). Формована нитка після зміцнення намотується на приймальню бобіну. Іншими органічними волокнами, використовуваними у виробництві ПКМ, є поліетиленові, гідністю яких є низький рівень щільності (970 кг / м). При цьому волокна типу «Спектра» (США), «Дайнема» (Нідерланди), «Текмілон» (Японія) мають поружно-пластичні властивості на рівні арамідних волокон.

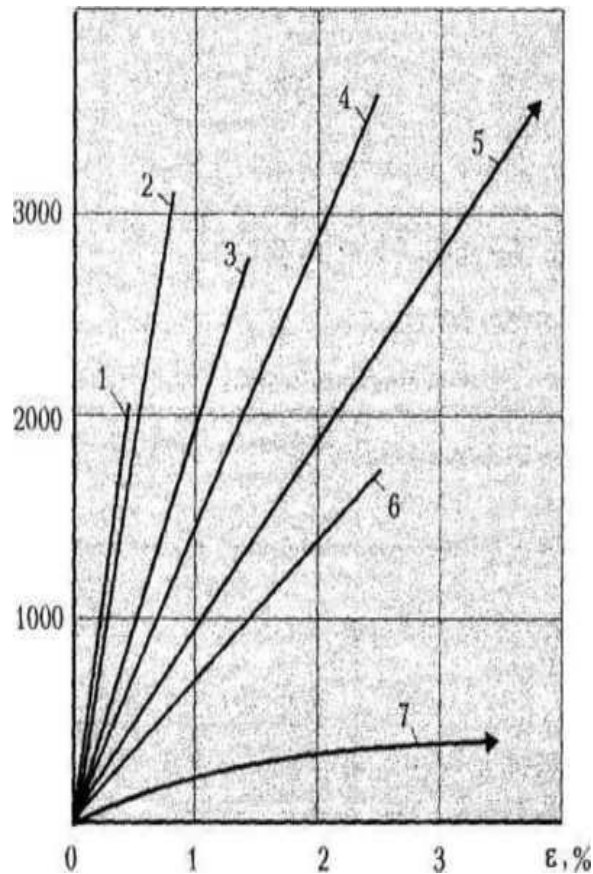


Рисунок 1.10. Графік залежності «розтягіння напруга-деформація» для різних армуючих волокон: 1 - високомодульна пряжа з вуглецевих волокон (E , 414 ГПа), 2 - бороволокно (E , 3 79 ГПа), 3 - високоміцна пряжа з вуглецевих волокон (E , 262 ГПа), 4 - ровнінг з волокна «Кевлар-49» (E , 131 ГПа), 5 - ровінг зі скловолокна (E , 82, 7 ГПа), 6 - ровінг зі скловолокна (E , 68,9 ГПа), 7 волокно «номекс»

Співвідношення між властивостями різних типів армуючих волокон, що застосовуються для виробництва композиційних матеріалів, показані на рис 10. і в порівнянні з металевими волокнами - в таблиці 1.5

Міцність волокон «Кевлар-49» в поздовжньому напрямленні унікальні навіть у порівнянні з неорганічними армуючими волокнами.

Свойства различных армирующих волокон

Марка волокна	Міцність, ГПа	Модуль пружності, ГПа	Густина г/см ³	Діаметр волокна, мкм
Сталь	2-3	200	7,8	3-25
Скло	3,5-4,6	72-110	2,5-2,9	80
Ароматичний поліамід	3,8-5,5	120-185	1,43-1,47	10-12
Полібензтіазол	3,0-3,3	335	1,5	—
Поліетален	2-3,5(7)	50-125(200)	<1	30-35
Вуглецеве високоміцне	3,6-7,2	300	1,8	5-10
Вуглецеве високомодульне	2,5-3,25	500-800	1,8-2,2	5-10
Оксид алюмінію	2,2-2,4	385420	3,95	10-25
Карбід кремнію	3,1-4,0	410-450	2,7-3,4	100-140
Бор	3,45	400	2,6	100-200

Таким чином, властивості високоміцних і високомодульних вуглецевих і деяких полімерних волокон перевершують характеристики сталевих. Для вуглецевих і органічних полімерних волокон характерні низька щільність, висока питома міцність при розтягуванні і високий опір динамічним навантаженням.

ОБ'ЄДНАННЯ ЗМІЦНЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Моноволокна, отримані різними методами, можуть бути безпосередньо використані для зміцнення композиційних матеріалів. Однак часто волокна об'єднуються в пряжу.

Пряжею називається нитка з волокон, з'єднаних за допомогою крутіння. Пряжа буває однорідною, т. Е. Отриманої з однакових волокон, і змішаної (з

суміші різних волокон). Для оцінки лінійної щільності волокон або ниток часто використовують позаштатну одиницю - текс (мг/м) - відношення маси нитки (волокна) до довжини.

Пряжа може бути використана для армування композиційних матеріалів у вигляді ниток, а також у вигляді тканин.

Тканини, отримані при ткацької переробці ниток і волокон, є результатом закономірного переплетення поздовжньо розташований-них елементів (основа) і елементів поперечного розташування (качка). За конструктивною ознакою розрізняють матеріали з полотняним, ситцевим, сатиновим, саржевим і трикотажним типом переплетення (рис.).

Основними технічними характеристиками тканин є склад волокна, вид переплетення, спосіб обробки, ширина, товщина, маса квадратного метра, щільність тканини, розривна навантаження, подовження при розриві.

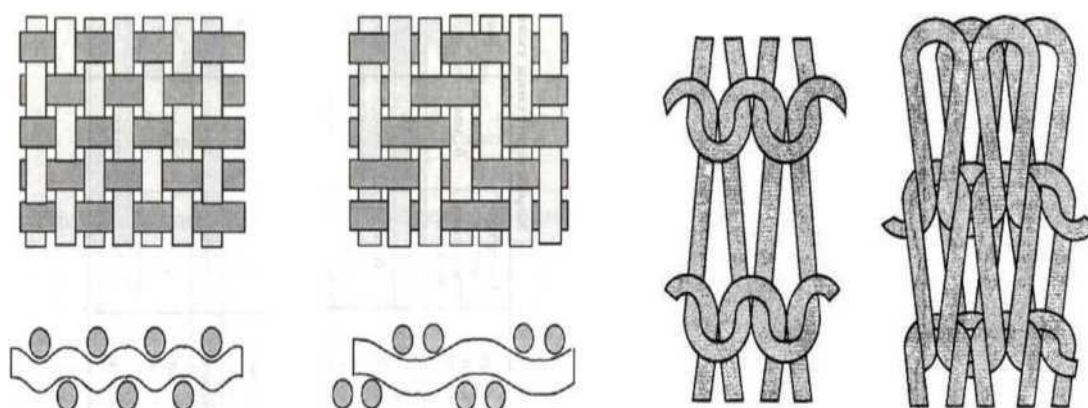


Рисунок 1.11. Схеми плетіння: полотняне (а), саржеве (б), трикотажне (в)

Недоліком матеріалів (тканин і сіток), одержуваних способом ткацької переробки, є необхідність застосування тільки досить пластичних волокон і пряжі. У місцях контакту елементів основи і качка відбувається деформація матеріалу, утворюються дефекти, що знижує механічні властивості композиційних матеріалів. Ширші можливості використання волокон і пряжі реалізуються при отриманні виїзних, трикотажних сіток.

Зміцнюючі волокна можуть бути об'єднані також і в неткані матеріали

(типу повсті), в яких відсутня їх закономірна орієнтація. Розроблено методи рідинного, повітряного, гравітаційного, вакуумного формування. Наприклад, основою для отримання повсті методом рідинного формування служить суспензія коротких волокон, залита в бак, з якого вона надходить на сітку, покриту фільтрувальним папером. Далі з обсягу матеріалу видаляється рідина, лист обжимається валками і при необхідності спікається в печі.

Висновки

Проводячи літературний огляд по темі кваліфікаційної роботи були розглянуті питання: застосування полімерних композитних матеріалів при виготовленні ламінату. Вивчено класифікацію даних матеріалів, способи отримання фізико-механічні властивості, переваги і недоліки, область застосування.

Були вивчені сучасні технології виготовлення корпусних деталей з використанням полімерних композитних матеріалів. Розглянуте питання автоматизації процесу виробництва.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ, МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ

2.1 Матеріали дослідження

Епоксидна смола LN 289

LN 289 Епоксидна смола [16] з дуже низькою в'язкістю. Він 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. Особливості: Смола при 0-10°C ясна, без помутніння, наприклад, деякі епоксидні смоли. В'язка з затверджувачем перед ламінатом створює систему низької в'язкості, яка дозволяє добре змочувати, поточні бульбашки зміщуються з поверхні ламінату. Технологія / так. Життєздатність /від приблизно 15 хвилин до близько 5 годин в залежності від затвердіння агента. Термостійкість продукту без істотних змін їх параметрів: від 50 до 100 C Обробка: При температурах від 10 градусів C до 50 градусів C, всі звичні способи переробки системи ламінування шкіри при кімнатній температурі Для затвердіння при кімнатній температурі 10-30 градусів C можна наносити на різні комбінації ламінування і затвердіння. Термостійкість 40-60 градусів C може бути досягнута шляхом затвердіння при температурі навколишнього середовища температура затвердіння становить 30 градусів за Цельсієм, максимальна термостійкість. Термостійкість цих систем може бути підвищена приблизно до 90 градусів C поступове спалювання тепла при 50 - 70°C Використання: обмерзання каменю, кам'яні доріжки, композитні - запчастини до човнів, спортивні товари. Рекомендованою системою для створення кам'яної доріжки LN 289 є затверджувачем Н 536 (коефіцієнт суміші: 35 за вагою, життєздатність 50-70 min). Суміш змішують з сухим агрегатом так, щоб утворилося суцільне покриття на кам'яній поверхні, а потім наноситься шпателем на поверхню бетону.

Фізико-механічні властивості смоли LH 289

Показник	Епоксидна смола LH 289
Зовнішній вигляд	Медоподібна 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 рекомендований 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	19
Гарантійний термін зберігання епоксидної смоли , року затверджувача, року	1,5 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 LN 289	слід зберігати в щільно закритій тарі при температурі навколишнього середовища від 15 до 40 ° С.

При відсутності ознак желатинизації і загустіння можливе використання техноакріла і епоксидної смоли LN 289 після закінчення гарантійного терміну.

Забороняється змішувати відразу велику кількість епоксидної смоли LN 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.

Застосування епоксидно-діанових смол, основні замітники Використовуються епоксидні смоли 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.

Також використовуються епоксидно-діанові смоли у виробництві епоксидного клею, пропиточного матеріалу разом зі склотканиною для виготовлення та ремонту різних корпусів («вугле-» і «склопластикові», «карбонові» корпусу і деталі кузова автомобіля), при виготовленні гідроізоляції приміщень (підлога і стіни підвальних приміщень, басейни). А так же 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 LN 289

забезпечують найбільші технологічні зручності при переробці в виробі і дозволяють створити на основі цих смол найрізноманітніші матеріали.

СКЛОТКАНИНА

Склотканина Aeroglass Glass Filament Fabric 110 г/м² полотно

Склотканина AEROGLASS fiberglass 110 г / м² (plain) [17] являє собою тканину, що складається з тонких волокон скла і просочується різними полімерами, які забезпечують їй унікальні властивості: скловолокно має підвищену теплостійкість, високими показниками механічної міцності, що не горючість, корозійну стійкість і стійкістю до води. Дана тканина має туге переплетення, низьке поглинання смоли.

Області застосування:

- Авіаційна галузь
- Космічна галузь
- Суднобудування
- Вітроенергетика
- Спортивний інвентар тощо

Технічні характеристики:

- Щільність тканини - 110 г / м²
- Переплетення - полотно (plain) 16x15
- Ширина тканини - 100 см
- Товщина - 0.1 мм
- Країна виробництва: Китай

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

Часто використовуювані типові тканини для побудови моделей корпусів, фюзеляжів, спортивного обладнання, для укладання на головні частини, ремонту, армування. Має високо драпіровані властивості, має гарну просоченням і хорошою прозорістю. Розрахункові дані для ручного ламінування з 35% -им об'ємним вмістом волокон:

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

Вуглетканина однонаправлена, біаксальна щільність 200 грам на метр квадратний

Ця біаксально вуглетканина NCF має 2 односпрямованих шару, покладених під кутом $\pm 45^\circ$ і з'єднаних рядком один з одним.

Волокно: TORAYCA® T700SC 800 tex (12k)

Ширина: 127 см

Конструкція: $\pm 45^\circ$

Поверхнева щільність (г / м): 100 / 100 Структура: $\pm 45^\circ$

Прошивка: Текстурований поліестер, 76 децитексів

Застосування:

Мотоспорт, суднобудування, спортивне спорядження і модельне будівництво.

Драпіруемість поліпшена в порівнянні зі звичайними NCF тканинами з пластиковим напиленням. Укладання без переплетення дозволяє краще реалізувати арміруючі властивості вуглецевих волокон. Особлива перевага:

шари працюють на кручення (торсіонні) можуть бути укладені без зайвих відходів.

Розрахункові дані для ручних ламінатів з 35 загальними обсягами волокон:

Споживання смоли: 251 г/м², товщина ламінату: 0,350 мм, маса ламінату: 451 г/м² Кевлар 173г/м.кв

Кевлар щільністю 173 грама на метр квадратний, ширина 1,2 метра, плетіння полотно, виробник G.Angeloni (Італія).

2.2 Методи випробувань на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем

Метод випробування на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем по ГОСТ 33496-2015 композити полімери [18] .

Галузь застосування

Цей стандарт поширюється на полімерні композити (ПК), армовані вуглецевими, борними, органічними та іншими волокнами, і встановлює метод випробування цих матеріалів на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем.

Суть методу

Суть методу полягає в пошкодженні зразка ударом вільно падаючого вантажу кінчиком форми гемісферії. В якості зразків використовуються прямокутні пластини. Ударні пошкодження оцінюються за розміром відбитка пальця і характеризують тип пошкодження зразка. Поведінка пластини від впливу залежить від параметрів тесту, тому два матеріали, протестовані в різних умовах, не слід порівнювати.

Додаткові параметри можуть бути використані для реєстрації залежності від часу, швидкості удару і прикладної контактної сили.

Зона пошкодження, викликана падаючим навантаженням, повинна розташовуватися в центрі зразка, на достатній відстані від країв

випробувальної пластини, щоб локальні настій по краях і в центрі зразка не накладалися один на одного під час утворення ударних пошкоджень.

Страйковий тест проводиться:

- Кількісно оцінити вплив порядку укладання, повноту просочення, обсяг волокон, параметри процесу та умови навколишнього середовища на стійкість до руйнування ПК при впливі концентрованого навантаження (енергії) падаючого вантажу;

- Визначити значення параметрів, що характеризують стійкість до руйнування ПК: глибину відбитка пальця, розмір і площу зони пошкодження, залежність контактної сили і енергії від часу і руху;

- Для того, щоб потім оцінити залишкові сили після удару падіння навантаження (тест на стиснення після удару).

Випробувальне обладнання

Копер, що включає: жорстку основу, ударник, систему контролю відскоку (резонатор, фіксатор, обмежувач) і спрямовує механізм.

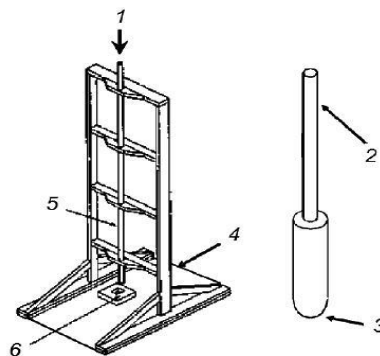


Рисунок 2.1 - Копер для ударних випробувань з падаючим навантаженням з напрямним механізмом барабанщика у вигляді циліндричної трубки 1 - барабанщик поміщається в трубку і поміщається на обрану висоту перед випробуванням; 2 - барабанщик з гемісферичним барабанним наконечником; 3 - мотузка (мотузка) для установки барабанщика в циліндричну трубку на заданій висоті. Маса прив'язки повинна враховуватися при визначенні повної маси барабанщика; 4 - жорстка основа; 5 - циліндрична трубка; 6 - затискний пристрій

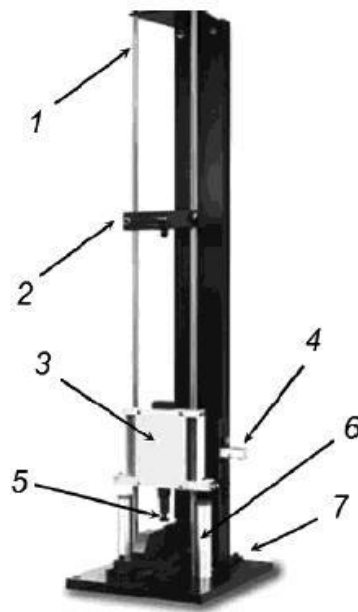


Рисунок 2.2. - Копер для страйкових випробувань з двокамерного ударного спорядження: 1 - стовпчик напрямної; 2 - фіксуючий пристрій; 3 - траверс; 4 - датчик швидкості; 5 - барабанщик; 6 - стоп-блок (обмежувач обведення); 7 - основа (базова панель)

Система контролю відскоку зупиняє нападника після його відскоку. Він не повинен впливати на рух барабанщика, поки барабанщик не втратить контакт зі зразком після удару. За відсутності такої системи, барабанщику може бути перешкоджено викладати твердий матеріал, такий як дерево або металевий матеріал, покладений між барабанщиком і зразком після того, як барабанщик відскакує від поверхні зразка.

Більш складні копери можуть включати в себе фіксуючі і підйомні механізми, обмежувачі інсульту і демпфери (осцилятори), вимірювальне обладнання для визначення швидкості барабанщика і сили удару. Використання обладнання для визначення швидкості і сили удару не потрібно, але рекомендується отримати більш детальну інформацію про процес впливу.

Затискний пристрій для прикріплення зразків при випробуванні на удар (рис. 2.3) повинен бути виготовлений з алюмінієвих або сталевих плит товщиною не менше 20 мм. Розмір порожнини в пластині повинен бути

(75 ± 1 мм на (125 ± 1) мм. Шорсткість передньої поверхні пластини в зоні зіткнення зі зразком повинна бути не більше 0,01 мм. Для фіксації і центру зразка в площині пристрою використовують направляючі шпильки. Чотири затискачі перешкоджають зміщенню зразка під час удару.

Затискна сила повинна бути не менше 1100 N. Затискні наконечники повинні бути виготовлені з неопереної гуми з твердістю від 70 до 80 одиниць на березі (шкала А). Затискний наконечник повинен бути на відстані 6 мм від країв порожнини для зразка. Пристрій повинен бути спільною віссю по відношенню до жорсткої основи, включаючи затискачі і болти.

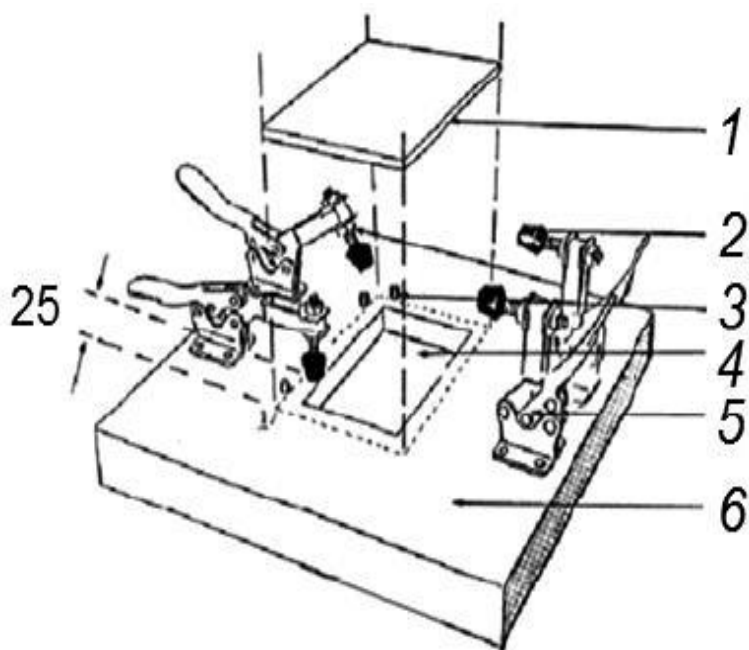


Рисунок 2.3. Кліп для ударного тестів шляхом падіння навантаження
1 - тестовий зразок; 2 - затиск; 3 - напрямні шпильки; 4 - порожнина (125 ± 1) мм і ширина (75 ± 1) мм; 5 - затиск петлі-важеля; 6 - основа (базова панель) розміром 300x300 мм (не менше)

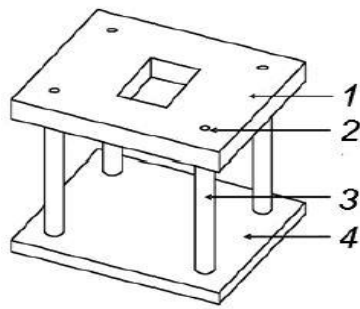


Рисунок 2.4. - Типова жорстка основа

1 - основа затискного пристрою; 2 - паз діаметром 19 мм і глибиною 6 мм з'єднати з болтом опорою діаметром 10 мм; 3 - опора алюмінієвого сплаву або сталі діаметром 38 мм і довжиною 300 мм; 4 - основа (базова панель) розміром 300x300 мм (не менше) і товщиною 13 мм, з'єднана з опорами через канавки і болти діаметром 10 мм

Зразок дозволяється кріпити круговим затискувачем. Інформація про це включена в протокол тестування.

Барабанщик повинен мати масу $(5,50 \pm 0,25)$ кг і гладкий гемісферний удар діаметром $(16,0 \pm 0,1)$ мм і твердістю від 60 до 62 HRC або масою $(2,00 \pm 0,25)$, якщо необхідну ударну енергію неможливо за допомогою ударної маси $(5,50 \pm 0,25)$ кг, що падає з висоти не менше 300 мм. , розмір і маса повинні бути вказані в протоколі випробувань як нестандартні.

Напрямна може мати вигляд циліндричної трубки, в якій рухається циліндричний перкусіоніст, або дві колони для траверс-руху, на якому монтується барабанщик (див. малюнок 2). Висота прямого механізму повинна бути достатньою для того, щоб ударне випробування здійснювалося падаючим вантажем з обраним рівнем збереженої енергії. Для циліндричної труби зазор між перкусіоністом і внутрішнім діаметром труби не повинен перевищувати 1 мм. Деталі конструкції прямого механізму повинні бути зафіксовані. Тертя в прямних механізмах повинно бути незначним мало. В іншому випадку потрібно буде виміряти швидкість удару, на якій буде базуватися вимірювання на розрахунок енергії удару $\frac{1}{2} J$, за формулою

$$E_i = \frac{mv_i^2}{2}$$

де v_i - швидкість барабанщика в момент початкового контакту v_i , з;

m - вага барабанщика, кг.

При вимірюванні сили удару необхідно використовувати силовий датчик, який виявляє навантаження, нанесене на зразок з запасом похибки не більше 1% без затримок при прогнозованому значенні швидкості. Силовий датчик повинен бути встановлений таким чином, щоб над датчиком сили розташовувалося не менше 95% ударної маси, оскільки в міру зниження відсотка маси барабанщика над датчиком сили збільшується похибка силового зчитування.

Рекомендується використовувати датчик швидкості у вигляді індикатора вилки, принцип якого заснований на подвійному переривчасті променю світла між випромінювачем фотодіода і детектором. Робочі краї індикаторних пробок слід відокремити один від одного на відстань від 3 до 10 мм. Вилки слід встановлювати таким чином, щоб вимірювання швидкості завершувалося в діапазоні від 3 до 6 мм над поверхнею зразка. Швидкість удару розраховується з урахуванням вимірюваного часове значення того, що промінь світла необхідний для блокування кожноювилкою індикатора, а також часу, в який вперше була зафіксована сила удару. Вимірювання швидкості проводиться з запасом похибки не більше 5 мм/с.

У тестах, відмінних від стандартної лабораторної атмосфери, температури $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості - $(50 \pm 10)\%$ або неможливості кондиціонування матеріалів в лабораторії, необхідно використовувати термокриотику камери, забезпечуючи підтримання заданої температури в межах ± 3 градусів Цельсія і заданий рівень відносної вологості в межах $\pm 3\%$. Випробування можуть проводитися без застосування термокриокамера при температурі $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря не більше 70%, за винятком прямих вказівок в нормативному документі або технічній документації на зразок матеріалу.

Для збору даних потрібно використовувати обладнання, яке відповідає наступним вимогам: власна частота аналогово-цифрового перетворювача - не менше 6 кГц, розряд аналогово-цифрового перетворювача - не менше 8 біт, мінімальна швидкість збору точок даних - 100 кГц, зберігання - не менше 1000 точок.

Для вимірювання глибини зони пошкодження використовуйте вимірювач глибини, мікромметр, датчик руху або інший інструмент з похибкою не більше 1% від вимірюваного значення. Вимірювальний зонд повинен мати півсферний наконечник з радіусом кривизни не більше 8 мм.

Для вимірювання ударо-маси використовуються аналітичні шкали з похибкою не більше 0,5%.

Вимірювання геометричних розмірів зразка повинні забезпечити вимірювання з похибкою не більше 1% від вимірюваного значення. Для вимірювання товщини використовуйте мікромметр з запасом похибки не більше $\pm 0,002$ мм на ГОСТ 6507, а для вимірювання довжини і ширини - дзвіночок з похибкою не більше 0,025 мм на ГОСТ 166.

Зразки

Для ударних випробувань зразки ПК у вигляді пластини (див. малюнок 5) шириною $(100,00 \pm 0,25)$ мм, довжиною $(150,00 \pm 0,25)$ мм і товщиною від 4 до 6 мм (рекомендована товщина - 5 мм) зі укладанням:

- [45/0/-45/90] - для ненаправлення матеріалів;
- [(+45/-45)(0/90)] - для текстильних тканин, де N - Ціле число.

Зразок для тестування ПК на удар.

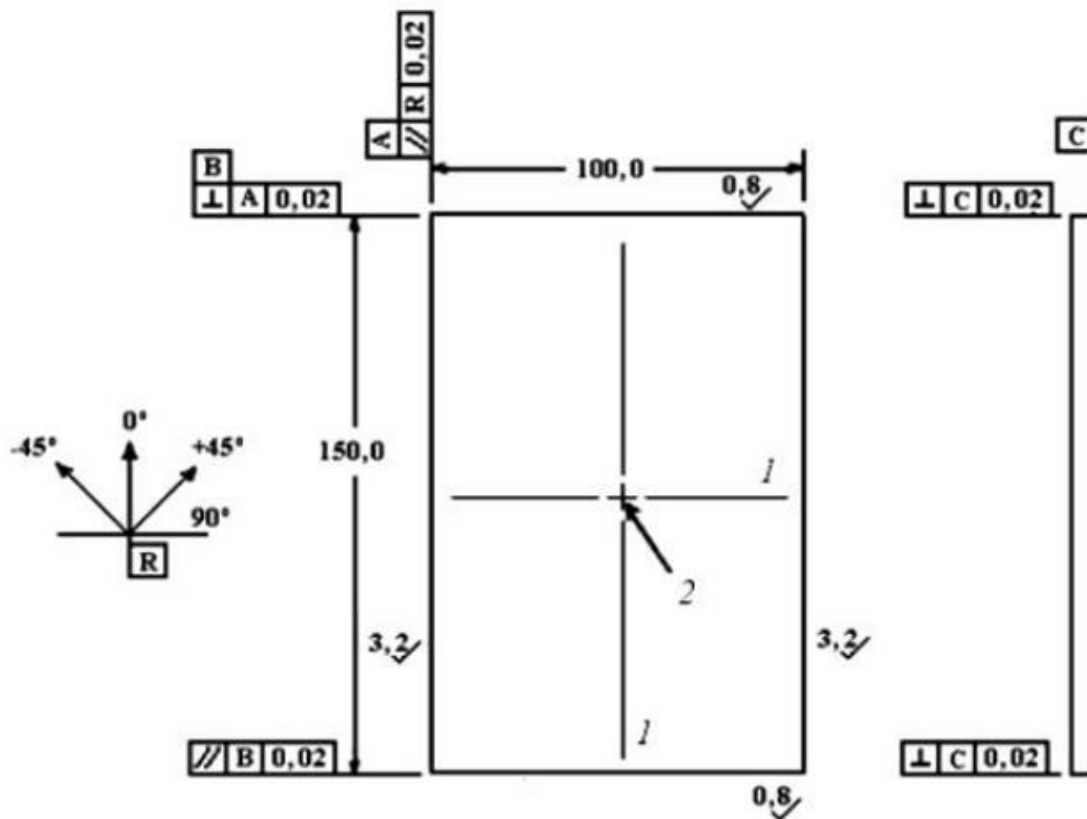


Рисунок 2.5. Зразок для тесту ПК на вплив

1 - по центру; 2 - місце пошкодження.

При використанні зразків з іншою схемою укладання послідовність шарів і їх кількість вказані в протоколі випробувань.

Зразки виготовляються шляхом формування в окремі форми або вирізані з однорідних плоских панелей або інших напівфабрикатів. Спосіб і режим виготовлення зразків повинні відповідати вимогам нормативного документа або технічної документації на ПК. Технологія виготовлення зразків ПК (панелей) повинна збігатися з технологією виготовлення самого виробу.

Зразки з панелей вирізані алмазним різаним з охолодженою водою, лазерною або гідроабразивною гострою на ескізі. Рекомендується використовувати алмазний різак, так як різання з його використанням дає більш точний край. Кінці полірувати до тих пір, поки не буде отримана необхідна шорсткість.

Зразки повинні мати гладку зовні поверхню без здуття живота, відколів, тріщин, пучків, вм'ятин, в'ялих та інших дефектів, видимих неозброєним оком. Падіння товщини зразка не повинно перевищувати 0,08 мм для всієї площі зразка.

Слід контролювати орієнтацію волокон в шарах, так як неправильна і / або мінлива орієнтація волокон призводить до спотворення визначених величин і збільшення коефіцієнтів їх варіацій.

Кількість зразків, на яких визначають кожну характеристику, має бути не менше п'яти.

Підготовка до випробування

Якщо в стандартному документі або технічній документації на тестові матеріали не вказані специфічні умови кондиціонування, перед випробуванням зразки кондиціонують при атмосферному тиску від 85 до 105 кф в стандартній лабораторній атмосфері при температурі (23 ± 2) С і відносній вологості $(50\pm 10)\%$ не менше 90 годин або при ГОСТ 12423.

Якщо в стандартній або технічній документації на тестові матеріали вказуються конкретні умови кондиціонування, то час від закінчення виробництва формових зразків або ПК, з якого вони вирізані, до випробування зразків, в тому числі кондиціонерів, повинен бути не менше 16 годин.

Перед обстеженням зразки маркують таким чином, щоб етикетки не впливали на експериментальні результати і дозволяли визначити положення зразка в тесті.

Вимірявши довжину і ширину зразка в двох місцях поблизу зони руйнування. Товщину зразка слід вимірювати в чотирьох місцях поблизу зони руйнування, для товщини вибірки беруть середнє значення чотирьох вимірювань. Округлити розмір вибірки до трьох цифр. Коефіцієнт варіації товщини повинен бути не більше 2%.

Зразки проводять вхідний контроль зразків за геометричними розмірами і зовнішнім виглядом. У разі недотримання вимог цього стандарту

складається контроль за в'їздом зразків, в якому вказані маркування, результати візуального огляду і пункт цього стандарту, який не відповідає зразку, за кожним зразком, який не відстежується.

Підготуйте барабанщика, прикріпіть один до одного гемісферичну бой, силовий датчик і необхідний вантаж. Якщо маса ударних компонентів невідома або невизначена, барабанщик (або його компоненти) важить на вагах з запасом похибки не більше $\pm 0,5\%$. Всі компоненти слід жорстко прикріпити, щоб уникнути коливань процесу удару.

Проведення випробувань

Зразок піддається удару з тією ж (нормалізованою товщиною зразка) енергією, досліджують і записують в протоколі випробувань: глибину відбитка пальця, розмір і площу зони пошкодження.

$$, F_1, F_{\max}, E_1, E_{\max} .$$

У цьому випадку енергія впливу, Дж, обчислити за формулою.

$$E_i = C_E h,$$

$C_E = 6,7$ - Нормування фактора впливу енергії на товщину вибірки, Дж/мм;
 h - товщина зразка, мм.

Зразки б'ють енергією 9, 12, 16, 20, 25, 30, 40 Дж. Відбиток від кожного удару вивчається і лінійний метод інтерполяції визначає енергію E , що відповідає утворенню відбитка пальця глибиною 0,3 мм на поверхні зразка. У цьому випадку

$E_{0,3}$ визначити не менше восьми зразків. Для більш точного визначення $E_{0,3}$ і зменшуючи кількість тестових зразків дозволяється використовувати метод поділу навпіл з початковим діапазоном від 9 до 40 Дж.

Барабанщик копра піднімається на задану висоту і готує обладнання для запису сили, швидкості в момент удару і руху. Висота падіння перкусіоніста, мм, розраховується за формулою.

$$H_{\text{уд}} = \frac{E_i}{mg},$$

де m - маса ударника, кг;

g - Прискорення вільного падіння, м/с

Зразок поміщається в затискний пристрій в центрі порожнини в пристрої. Надійно закріпіть зразок чотирма затискачами. Затискачі слід зняти з кінців зразка приблизно на 25 мм. Примітка - При використанні круглого преса зразок поміщається в центр кругового отвору і надійно фіксується по всьому периметру.

При використанні датчика швидкості він встановлюється в такому положенні, що вимірювання швидкості завершується на відстані від 3 до 6 мм над поверхнею зразка.

Барабанщик випускається і дозволяє вільно падати на поверхню зразка. Не допустити повторного контакту барабанщика зі зразком. Якщо немає засобів, які автоматично перешкоджають відскоку і повторному удару, відразу після відскоку нанесіть жорсткі подушечки, наприклад, з дерева.

Якщо Купер оснащений необхідним обладнанням, то залежність сили і енергії від часу і руху під час контакту барабанщика зі зразком записується безперервно або з певними інтервалами. Кількість балів за один тест має бути не менше 100. Приклади кривих залежності контактної сили на основі часу показані на рисунках 6 і 7.

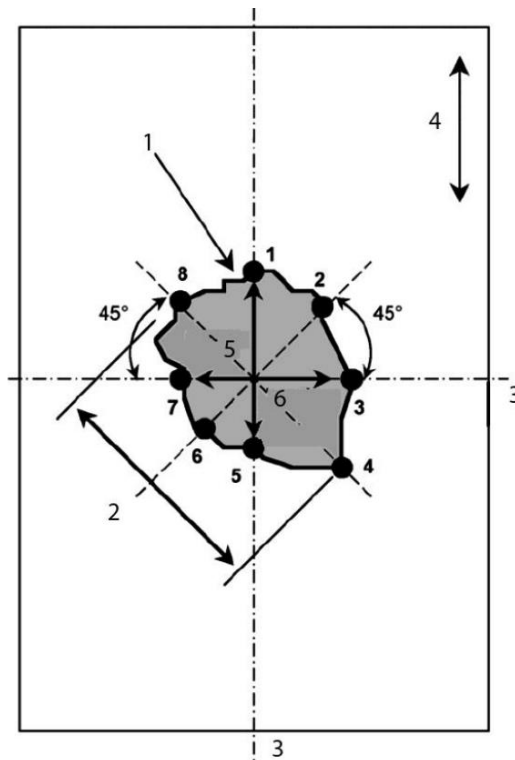


Рисунок 2.6. Вимірювання розміру зони пошкодження

1 - зона руйнування, виявлено методом нерозумний контроль; 2 - максимальний діаметр зони руйнування; 3 - по центру; 4 - поздовжнє направлення; 5 - довжина; 6 – ширина.

Зверніть увагу на спостережуваний тип пошкоджень для кожного зразка. На зразку можна виявити один або кілька видів пошкоджень. Характеристики зразків, які руйнуються дефектами, виявленими при вхідному контролі зразків під п.6.5, не повинні розраховуватися, якщо не будуть досліджені вплив цих дефектів на властивості матеріалу. Якщо значна кількість зразків в серії знищуються вдалині від місця удару, умови для затискання зразка повинні бути переглянуті. Причина може бути в невідповідності пристрою, в зазорі між зразком і основою або в нерівномірній товщині зразка.

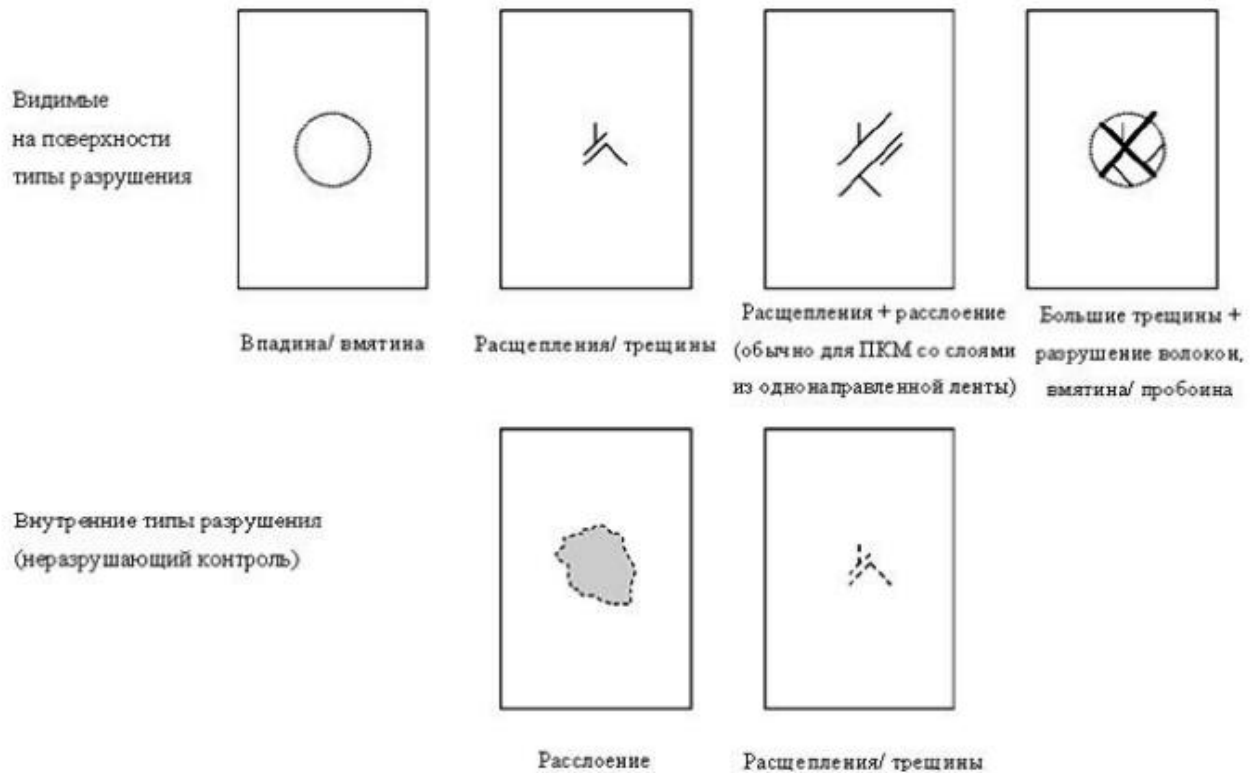


Рисунок 2.7. - Типові ударні пошкодження

Для значень d , F_1 , F_{\max} , E_1 , E_{\max} и t_T кожна серія тестів, середнє значення обчислюється за формулою.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

де n - Кількість зразків у рядах;

X -Експериментальний результат тесту зразка з серії при оцінці цієї характеристики; i - серійний номер зразка, що тестують.

Стандартне відхилення S_{n-1} обчислити за формулою

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i^2 - nx^{-2})}{n}}.$$

Коефіцієнт зміни резюме CV обчислюється за формулою

$$CV = \frac{100 S_{n-1}}{\bar{X}}.$$

Результати статистичної обробки визначених показників можуть бути включені до протоколу тестування.

2.3 Випробування на удар ГОСТ 4647-80

Цей стандарт поширюється на пластмаси і встановлює метод визначення ударної в'язкості на зразках з надрізом і без надрізу [19].

Суть методу полягає в випробуванні, при якому зразок, що лежить на двох опорах, піддається удару маятника, причому лінія удару знаходиться посередині між опорами і безпосередньо навпроти надрізу у зразків з надрізом.

Випробування на удар по цьому методу служить для оцінки поведінки зразків, передбачених цим стандартом, під дією ударних напруг і для оцінки крихкості або в'язкості зразків в межах, встановлених умовами випробування.

У цьому стандарті додатково наведено метод визначення ударної в'язкості без реєстрації сили при ударі (додаток 4). Додаток 4 являє собою автентичний текст міжнародного стандарту ІСО 179-1-2000 "Пластмас. Визначення ударної в'язкості. Частина 1. Не інструментальний метод випробування на ударну в'язкість.

Відбір зразків

Для випробування застосовують зразки трьох типів, розміри яких наведені в таблиці

Таблиця 2.2

Тип зразка	Довжина, мм	Ширина, мм	Товщина, мм	Відстань між опорами, мм
1	120±2	15,0±0,5	10,0±0,5	70
2	80±2	10,0±0,5	4,0±0,2	60
3	50±1	6,0±0,2	4,0±0,2	40

Зразки виготовляють без надрізу і з надрізами, типи яких наведені на рисунку 2.19, 2.20, а розміри в таблиці 2.8.

Надріз типу А

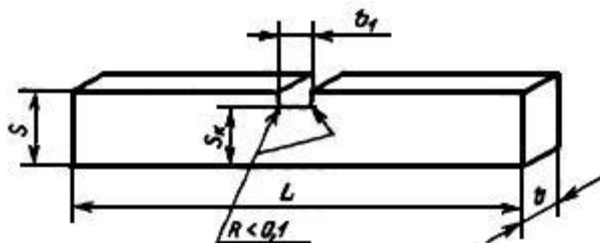


Рис. 2.8. Надріз типу А

Надріз типу В

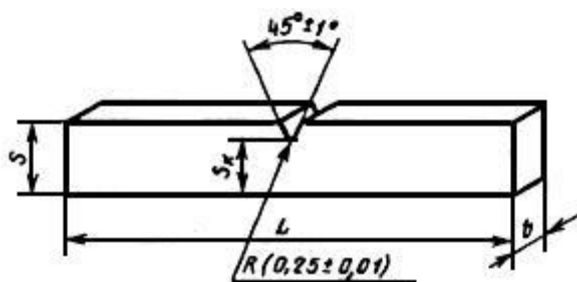


Рис. 2.9. Надріз типу В

Таблиця 2.3

Тип зразка	Тип надрізу, мм	Товщина під надрізом, мм	Ширина надрізу, мм
1	А	$6,7 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,2$
	В	$8,0 \pm 0,3$	–
2	А	$2,7 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$
	В	$3,2 \pm 0,2$	–
3	А	$2,7 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,1$
	В	$3,2 \pm 0,2$	–

Примітка Товщина зразка під надрізом повинна становити для типу А – $2/3$ від товщини і для типу В – $0,8$ від товщини.

Тип зразка і надрізу передбачають в нормативно-технічній документації на матеріал.

Якщо така вказівка відсутня, рекомендується використовувати зразок типу 2, надріз типу В.

Допускається використовувати зразок шириною 4 мм, товщиною 10 мм, довжиною 80 мм, при відстані між опорами 70 мм. Для поліамидов допускається випробовувати зразок типу 2 при відстані між опорами 40 мм, якщо це зазначено в нормативно-технічній документації на матеріал.

Надріз типу А повинен мати радіус закруглення не більше 0,1 мм, типу В - $(0,25 \pm 0,01)$ мм.

Допускається використовувати зразок з надрізом типу А з радіусом не більше 0,2 мм, якщо це передбачено в нормативно-технічній документації на матеріал. При цьому радіус надрізу вказують в протоколі випробування.

Результати, отримані на зразках різних розмірів, виготовлених за різною технологією, непорівнянні.

Спосіб нанесення, контроль форми і розмірів надрізу передбачають в нормативно-технічній документації на матеріал. Загальні вимоги щодо виготовлення зразків з надрізом наведені в додатку 3.

Абразивні ріжучі інструменти для нанесення надрізу застосовувати не допускається.

Апаратура

Для випробування використовують митників копри по ГОСТ 10708, що забезпечують вимір енергії удару, витраченої на руйнування зразка і визначається як різниця між початковим запасом потенційної енергії маятника і енергією, що залишилася у маятника після руйнування випробуваного зразка.

Вимірювання ширини і товщини зразків проводять приладом з похибкою вимірювання не більше 0,02 мм

Підготовка до випробування

Перед випробуванням зразки кондиціонують в стандартній атмосфері по ГОСТ 12423, якщо в нормативно-технічній документації на матеріал немає інших вказівок.

Перед випробуванням вимірюють ширину і товщину зразка в його середині приладом з похибкою вимірювання не більше 0,02 мм. При випробуванні зразків, виготовлених литтям під тиском, допускається вимірювати розміри одного зразка з підлягають випробуванню. При відповідності розмірів зразків розмірами, наведеними в табл.1, за результат приймають номінальні значення їх ширини і товщини.

У зразків з надрізом вимірюють товщину в місці надрізу, використовуючи мікрометри з наконечником профілю, відповідного профілю надрізу у кожного зразка.

Для контролю якості надрізу вимірюють товщину зразка на обох кінцях надрізу і обчислюють середнє арифметичне.

Проведення випробування

Випробування проводять при температурі $(23 \pm 2) ^\circ \text{C}$ і відносній вологості $(50 \pm 5)\%$, якщо в нормативно-технічній документації на матеріал немає інших вказівок.

Вибирають маятниковий копер з відповідними запасом енергії і швидкістю маятника, щоб на руйнування зразка було витрачено не менше 10% і не більше 80% запасу енергії.

Якщо цій вимозі задовольняють характеристики декількох копрів, вибирають копер з найбільшим запасом енергії. Результати, отримані на копрах з різним запасом енергії, зіставляти не рекомендується.

Встановлюють покажчик шкали енергії так, щоб він стосувався ведучого кулачка, коли маятник перебуває в положенні, при якому ніж маятника стосується зразка.

Слід виконати кілька контрольних випробувань без зразків, щоб переконатися, що загальні втрати на тертя не перевищують значень, передбачених ГОСТ 10708.

Зразок без надрізу розміщують на опорах маятникового копра так, щоб удар ножа маятника припадав на середину зразка. Зразок з надрізом розміщують на опорах маятникового копра так, щоб удар ножа маятника припадав на ненадрізаній площині зразка, навпаки надрізу.

Піднімають і закріплюють маятник і встановлюють покажчик на шкалі енергії згідно п.4.3 та обережно (без ривка) відпускають маятник.

Відраховують за шкалою значення енергії, витраченої на руйнування зразка. Якщо передбачено в нормативно-технічній документації на матеріал, враховують поправку на втрати на тертя.

У розрахунку беруть результати, отримані на зразках, що зруйнувалися повністю або з поділом на частини, утримуються на тонкій плівці (нитці).

Якщо зразок без надрізу не руйнується, а прослизав між опорами маятникового копра, визначають показник "Опір удару".

Обробка результатів

Ударну в'язкість зразків без надрізів в кДж / м (кгс • см / см²) обчислюють за формулою

$$a_n = \frac{A_n}{b \cdot s} \cdot 10^3,$$

де:

- A_n енергія удару, витрачена на руйнування зразка без надрізу, Дж (кгс • см);
- b - ширина зразка за його середині, мм (см);
- s - товщина зразка за його середині, мм (см).

Ударну в'язкість зразка з надрізом в кДж / м (кгс • см / см) обчислюють

за формулою

$$a_x = \frac{A_x}{b \cdot s_x} \cdot 10^3$$

де:

- A_k - енергія удару, витрачена на руйнування зразка з надрізом, Дж (кгс • см);
- b - ширина зразка за його середині, мм (см);
- sk - товщина зразка за його середині, мм (см).

Обчислюють середнє арифметичне результатів випробування і, при необхідності, середньоквадратичне відхилення.

Відносну ударну в'язкість у відсотках, якщо це передбачено в нормативно-технічної документації на матеріал, обчислюють за формулою

$$KZ = \frac{a_k}{a_n} \cdot 100$$

де:

- a_k - ударна в'язкість зразка з надрізом, кДж / м (кгс • см / см²);
- a_n - ударна в'язкість зразку такого ж розміру без надрізу, кДж / м (кгс • см / см²)

Всі обчислені значення округлюють до двох значущих цифр.

Обробка результатів визначення показника "Опір удару" - по нормативно-технічної документації на матеріал.

Протокол випробування повинен містити наступні дані:

- а) тип і позначення випробуваного матеріалу;
- б) дату і метод виготовлення зразків;
- в) умови кондиціонування;
- г) тип і розміри зразка;
- д) тип надрізу;
- е) атмосферні умови в приміщенні випробування;
- ж) кількість випробуваних зразків;
- з) тип маятникового копра;
- і) швидкість удару;
- к) місце і напрям вирізки зразків з анізотропних пластмас;

л) при випробуванні зразків шаруватих пластиків - положення надрізу і напрямку удару щодо розташування шарів;

м) при випробуванні зразків, вирізаних з напівфабрикатів або готових виробів - положення зразка у виробі, з якого він вирізаний;

н) при випробуванні зразків з анізотропних пластмас - положення надрізу і напрямку удару щодо напрямлення при виготовленні випробуваного матеріалу;

о) зовнішній вигляд зразків після випробування із зазначенням, руйнується зразок чи ні;

п) значення визначається показника кожного зразка;

р) середнє арифметичне значення визначається показника і середньоквадратичне відхилення при його обчисленні, або результат визначення показника "Опір удару" при його визначенні.

с) дату випробування і позначення цього стандарту.

Для пористих пластмас, крім даних, зазначених у має бути вказаний напрямку удару щодо напрямлення спінювання матеріалу.

Терміни та визначення

У цьому додатку подані такі терміни та визначення:

Таблиця 2.4

Типи і схеми руйнувань для матеріалів, які руйнуються з міжслоєвим зрушенням

Позначення методу по ІСО	Тип зразка		Тип руйнування	Схема
ІСО 179-1/2 * або *	2	20	розтягування стиснення випинання	
ІСО 179-1/3 * або *	3	6 або 8	зрушення множинний зрушення Зрушення з подальшим розтягуванням	

Середнє значення ударної в'язкості (удар по Шарпі при швидкості маятника
2,9 м / с) В кДж /м

День випробування	Найменування матеріалу	Середнє значення ударної в'язкості
1	АВС	13,48
	склонаповнений ПБТ	8,52
	поліпропілен	10,48
2	АВС	13,44
	склонаповнений ПБТ	8,54
	поліпропілен	10,80

2.4 Макро і мікроаналіз пластмас

При макроаналізі вивчають структуру матеріала [20], 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.

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.

Технологія виготовлення мікрошліфа пластмаси

Перша операція - відрізка зразка - виконується з використанням звичайного устаткування і ріжучого інструменту для механічного різання.

Інструмент вибирається залежно від фізико-механічних властивостей пластмаси і вимог, що пред'являються до якості зони різання. З метою виключення механічних руйнувань (освіти розшарувань, сколів, розкудлачуванню наповнювача і т.п.) і впливу температурного чинника (припикання матеріалу) не рекомендується застосовувати швидкісне різання. Вирізку зразків рекомендується робити вручну за допомогою пиляльного полотна.

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 деревини. Для тонких шліфів при механічній обробці з метою зручності та безпеки в роботі, а також для запобігання країв від руйнування і заовалювання слід застосовувати оправлення з механічним затисненням, які виготовляються з двох прямокутних пластин, з'єднаних між собою шурупами або болтами.

Між пластинами оправлення поміщають пластину з пластмаси для вирізки з неї зразка.

Друга операція - шліфування - є найбільш відповідальною операцією при виготовленні мікрошліфів. Труднощі шліфування (мікрорезання) 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.

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

Заключна операція–полірування, здійснюється на швидко обертаючому диску полірувального верстата (400- 600 оборотів в хвилину) діаметром 200-250 мм., Обтягнутому високоякісним сукном або м'яким фетром. Поверхня диска зволожується водяний суспензією порошку окису хрому. Мікрошліф притискається до диска з зусиллям, достатньому 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.

Особливістю пластмас є те, що при дуже тривалому полірованні може проявитися 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 розподілі кінця полірування зразка орієнтуються на момент зникнення рисок від шліфування. У деяких випадках полірування зразків пластмас проводять за допомогою спеціальних паст.

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 заовалювання 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 оправлення з в'язучими речовинами. В цьому випадку можна рекомендувати для заливки оправок клей холодного затвердіння на основі епоксидних смол.

Мікроструктурний аналіз пластмаси

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).

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 темнопольного 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, то гда як інші фази будуть більш темними. Таким чином, дослідження в темному полі зазвичай не дає повної характеристики структури і його слід розглядати як доповнює основне вивчення в світлому полі, тобто при вертикальному освітленні, коли світлові промені потрапляють на мікрошліф через об'єктив, який збирає їх на поверхності шліфа.

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, отримаємо мінімальну контрастність даної 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.

Висновки

У другому розділі, гуртуючись на літературно-патентний пошук нами був обраний матеріал матриці і наповнювачі для виготовлення експериментальних зразків полімерного композитного матеріалу. Як матриці епоксидних смола LN 289, наповнювачі: скловолокно різної щільності, біаксіальне вуглеволокно, кевлар. У розділі представлені дані по фізико-механічним властивостям, вибраний матеріал, і рекомендації за технологією їх застосування.

Визначено методи проведення випробування дослідницьких полімерних композитних ламінатів.

Розглянемо методи випробування:

- на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем;
- визначення ударної в'язкості;
- мікро і макроаналіз структури полімеру.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вибір технології та виготовлення зразків ламінату

Прототипом для вирішення проблем дослідження стала технологія виготовлення корпусу радіокерованого човна для спортивного СУДНОМОДЕЛІЗМУ класу МОНО-1.

Човни цього класу беруть участь в груповій гонці (6 човнів одночасно), тривалість гонки 6 хвилин, дистанція овал. Середня швидкість 70-80 км / год.

До корпусів човнів пред'являються такі вимоги:

- герметичність;
- стійкість поверхні до ультрафіолету;
- мінімальна вага (270-300г. Середня вага човнів світових виробників);
- висока міцність.

Корпуси човнів виготовляють за технологією інфузорії, вакуумного формування або ручного формування з використанням матриць.

Технологія виготовлення корпусу складається з наступних етапів:

- виготовлення майстер моделі рис. 21 (фрезерування ЧПУ, 3-Д друк);
- виготовлення композитної форми рис. 22 (матриці);
- формування деталей моделі човна рис. 23;
- витяг відформованих деталей човна з форми, видалення облоя рис. 24;
- складання частин корпусу.



Рисунок 3.1. Майстер модель човна

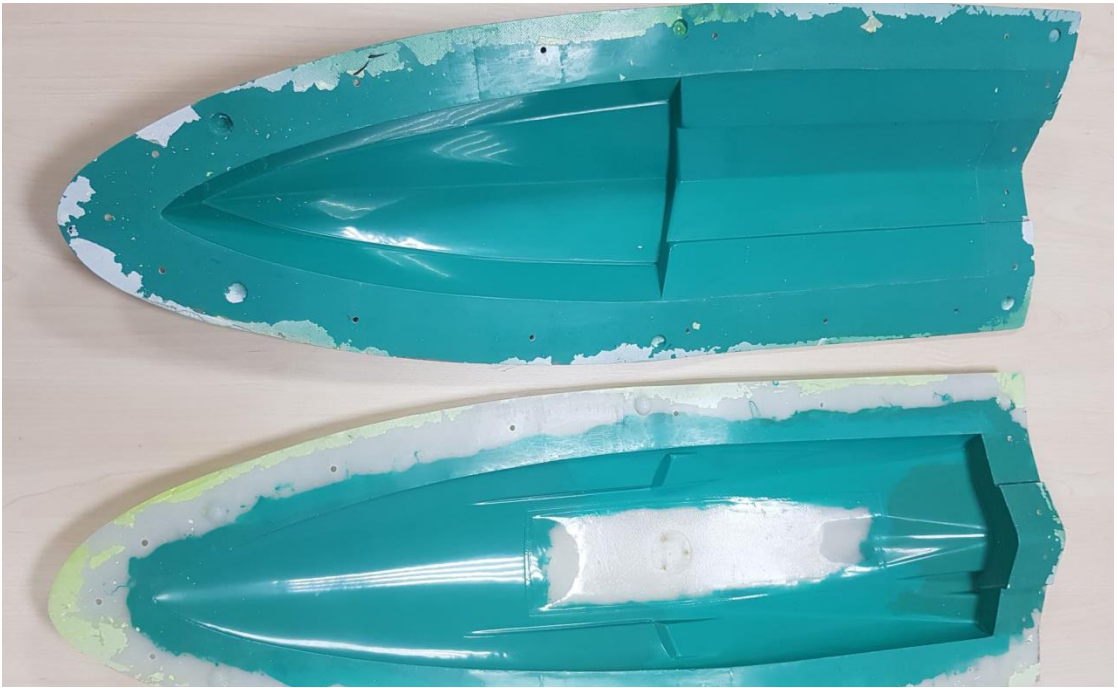


Рисунок 3.2. Композитна форма (матриця)



Рисунок 3.3. Матриця з відформованими деталями човна



Рисунок 3.4. Деталі човна з віддаленим облоєм

Зразки ламінату для проведення експерименту були отримані методом гібридного формування (ручне просочення і укладання матеріалу ламінату з подальшим вакуумуванням).

Тканий матеріал (склотканина, вуглецева тканина, кевлар) були попередньо розкроєні рисунок 3.5. Склад тканого наповнювача в ламінаті наведені в таблиці 3.1. Просочення матеріалу епоксидною смолою з наведеним ініціатором здійснювали поролоновим валиком. Просочений матеріал укладали на скло з попередньо нанесеним на нього розділяючим шаром воску для запобігання склеювання зразків і скла.

Таблиця 3.1

Склад тканого наповнювача в ламінаті

№ зраз.	Склад ламінату	Склад полімерної матриці	Наявність термообробки
1.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³ Скло тканина щільністю 163 г / м ³	Смола епоксидна LN 289; 60%; затверджувач H 287; 40%.	Без обробки
2.	Скло тканина	Смола епоксидна	Без обробки

	щільністю 100 г / м ³ Скло тканина щільністю 163 г / м ³ (два шари)	ЛН 289; 60%; затверджувач Н 287; 40%.	
3.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³ Скло тканина щільністю 163 г / м ³ (два шари)	Смола епоксидна ЛН 289; 60%; затверджувач Н 287; 40%.	Старіння 70°C, 3 години
4.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³ Вуглецева тканина щільністю 163 г/м ³	Смола епоксидна ЛН 289; 60%; затверджувач Н 287; 40%.	Без обробки
5.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³ Вуглецева тканина щільністю 163 г/м ³ (два шари)	Смола епоксидна ЛН 289; 60%; затверджувач Н 287; 40%.	Без обробки
6.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³ Вуглецева тканина щільністю 163 г/м ³ (два шари)	Смола епоксидна ЛН 289; 60%; затверджувач Н 287; 40%.	Старіння 70°C, 3 години
7.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³ Кевларова тканина щільністю 163 г/м ³	Смола епоксидна ЛН 289; 60%; затверджувач Н 287; 40%.	Без обробки
8.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³	Смола епоксидна ЛН 289; 60%;	Без обробки

	Кевларова тканина щільністю 163 г/м ³ (два шара)	затверджувач Н 287; 40%.	
9.	Скло тканина щільністю 100 г / м ³ Скло тканина щільністю 163 г / м ³ Вуглецева тканина щільністю 163 г/м ³ Кевларова тканина щільністю 163 г/м ³	Смола епоксидна LN 289; 60%; затверджувач Н 287; 40%.	Без обробки



Рисунок 3. 5. Розкроєні зразки тканого матеріалу



Рисунок 3.6. Укладка просоченого матеріалу

Для видалення надлишку епоксидної смоли з ламінату та створення високоадгезивної поверхні для склеювання – була покладена жертвна тканину рис 3.7. Для видалення повітря з ламінату та уникнення склеювання ламінату з вакуумно-провідним шаром – була покладена перфорована поліетиленова плівка рис 3.8.



Рисунок 3.7. Укладка жертвної тканини.

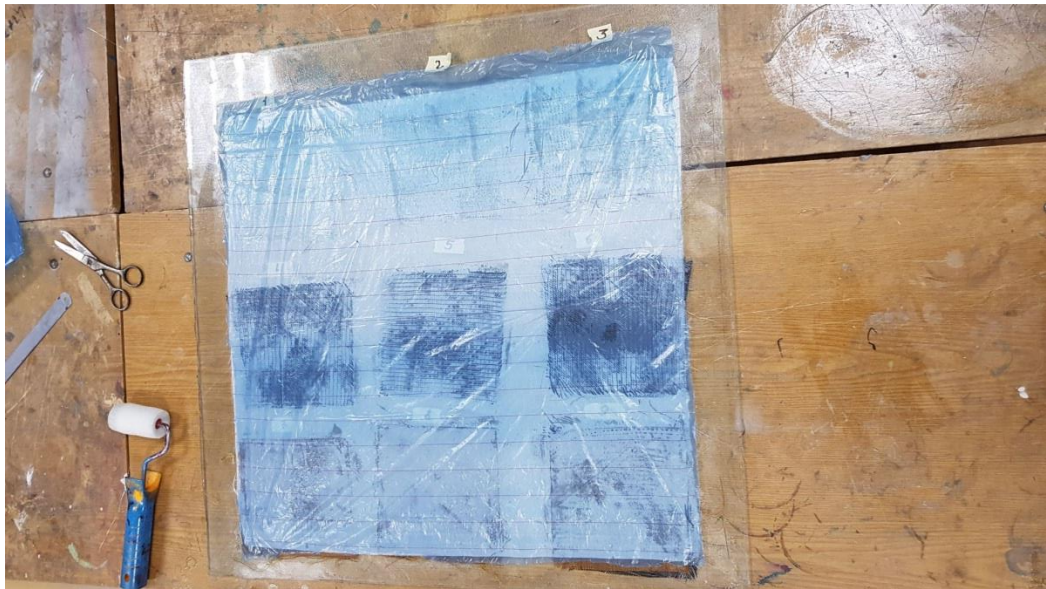


Рис. 3.8. Укладка жертвної тканини

Наступним шаром для забезпечення рівномірного розподілу тиску при вакуумуванні був покладений шар агро-валокна рис 3.9.

Герметизацію вакуумного пакету і шлангу забезпечили шляхом приклеювання поліетиленової плівки по периметру скла ізобутиловою клейкою стрічкою рисунок 3.10.

Вакуумування проводили за допомогою вакуумного насосу рисунок 3.11 протягом 6 годин, при температурі 22°C. Розпакування пакету проводили через 24 години.



Рисунок 3.9. Укладка вакуумно-провідного шару



Рисунок.3.10. Процесс вакуумования



Рисунок 3.11. Вакуумний насос і ресивер



Рисунок 3.12. Поверхня пакету після створення вакууму

3.2. Визначення щільності зразків

Щільність отриманих зразків ρ (г / м³) визначали згідно ГОСТ 19440-74. Зважування проводили на аналітичних вагах ВЛА-200 точністю 0,0002 г. Щільність розраховували за формулою:

$$\rho = m/V;$$

де m - маса зразку (кг); V - об'єм (м³).

Значення щільності зразків ламінації наведені в таблиці 3.2.

Значення щільності зразків ламінату

№	Довжина і ширина зразка, м	Товщина зразка, м	Об'єм зразка V , м ³	Маса зразка m , кг	Щільність ρ , кг/м ³
1.	0,15×0,15	0,00053	0,0000119	0,013	1092
2.	0,15×0,15	0,00071	0,0000159	0,018	1132
3.	0,15×0,15	0,00071	0,0000159	0,018	1132
4.	0,15×0,15	0,00079	0,0000177	0,018	1016
5.	0,15×0,15	0,00080	0,000018	0,018	1000
6.	0,15×0,15	0,00080	0,000018	0,018	1000
7.	0,15×0,15	0,00062	0,0000139	0,013	935
8.	0,15×0,15	0,00087	0,0000195	0,018	913
9.	0,15×0,15	0,00091	0,0000204	0,022	1078

3.3 Випробування на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем

Випробування по визначенню опору пошкодження при ударі падаючим вантажем проводили на копрі для ударних випробувань з падаючим навантаженням з напрямним механізмом барабанщика у вигляді циліндричної трубки рисунок 3.13.



Рисунок 3.13. Копер для ударних випробувань з падаючим навантаженням з напрямних механізмом барабанщика у вигляді циліндричної трубки











Технічні характеристики:









- висота падіння ударника 720 мм;
- вага ударника 1,2 кг;
- радіус кінця ударника 8 мм;
- енергія удару 8,46 Дж.

Результати випробувань на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем представлені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.3

Результати випробування на опір пошкодження при ударі падаючим
вантажем

№ Зразки	Фотографія області пошкодження зразка (Передня сторона).	Фотографія області пошкодження зразка (Зворотна сторона).	Оцінка пошкодження.
1.			Пробоїна D=16мм, руйнування волокон.
2.			Пробоїна D=16мм, руйнування волокон.
3.			Пробоїна D=16мм, руйнування волокон..
4.			Пробоїна D=16мм, Розшарування волокна H=80мм.
5.			Пробоїна D=16мм, Розшарування волокна H=60мм

6.			Пробоїна D=16мм, Розшарування волокна H=46мм
7.			Пробоїна D=16мм.
8.			Пробоїна D=8мм.
9.			Пробоїна D=7мм.

3.4 Випробування з визначення ударної в'язкості

Випробування по визначенню ударної в'язкості виконували на маятниковому копрі КМ-0,5.

Копер маятниковий зі змінним запасом енергії призначений для випробувань на ударний вигин пластичних мас за ГОСТ 14703-69.

Основна мета випробувань - визначення ударної в'язкості, питомої роботи ударного руйнування та коефіцієнту ослаблення за методами,

викладеними у ГОСТ 4647-69 "Пластичні маси. Методи випробувань на ударний вигин".

Основними характеристиками копра є: запас енергії, який визначається як добуток ваги маятника на відстань від осі його гойдання до центра ваги, і центр удару, який визначається за періодом коливання маятника.

Технічні характеристики

Запас енергії копра:

- при куті зарядки маятника 94 градуси 25, 50 кгс * см
- при куті зарядки маятника 116 градусів 34, 68 кгс * см.

Швидкість руху маятника у момент удару:

- при куті зарядки маятника 94 градуси (2,9 +0,1) м / сек
- при куті зарядки маятника 116 градусів (3,5 ± 0,1) м / сек.

Кількість змінних молотів 2 шт.

Допустима втрата енергії при вільному польоті маятника, в тому числі змінних молотів, за половину повного коливання, прийнята від найбільшого запасу потенційної енергії копра, не більше 1,0%.

Відстань від осі хитання маятника до центру удару (430 -3) мм.

Відстань між опорами 4 ... 100 мм.

Радіус заокруглення опор 1 мм.

Радіус заокруглення бойка 2 ± 0,5 мм.

Габаритні розміри 790 x 303 x 880 мм.

Маса 92 кг.



Рисунок 3.14. Маятниковий копер КМ-0,5

Проведення випробування

Підготовка: з отриманого полімерного композитного матеріалу були вироблені зразки без надрізу для проведення випробувань, розміри випробуваних зразків - 75 x 16 x S мм, S - 0,71мм (зразок №2, №3); 0,8мм (зразок №5, №6). Для випробувань були представлені по чотири представника кожного зразка. Зовнішній вигляд зразків ламінату



Рисунок 3.15. Зразки для проведення випробувань по визначенню ударної в'язкості ламінату.

Всі випробування проводили при постійній температурі навколишнього повітря $t = 22^{\circ}\text{C} \pm 0,5$.

Таблиця 3.4

Результати випробувань по визначенню ударної в'язкості

№ зразка	Площина зразку F , cm^2	Кут зарядки маятника α , (градус.)	Кут відскоку маятника β , (градус.)	Среднее значение угла $\beta(c)$, (градус)	Ударна в'язкість відносний значення, $\beta(c)/F$
2(1).	11,36	94	178	176	15,4
2(2).	11,36	94	176		
2(3).	11,36	94	174		
2(4).	11,36	94	176		
3(1).	11,36	94	176	173,75	15,2
3(2).	11,36	94	175		
3(3).	11,36	94	172		
3(4).	11,36	94	172		
5(1).	12,8	94	151	152,75	11,93
5(2).	12,8	94	149		
5(3).	12,8	94	154		
5(4).	12,8	94	157		
6(1).	12,8	90	144	147,25	11,50
6(2).	12,8	90	151		
6(3).	12,8	90	148		
6(4).	12,8	90	146		

P – вага маятника 5 кг.

Відстань між опорами 40мм.

Висновки

У ході проведення експерименту був вивчений технологічний процес отримання полімерного композитного ламінату з епоксидної матрицею і тканим наповнювачем (склотканина, вуглецева тканина, кевлар), методом вакуумного формування.

Отримано зразки ламінату, визначена щільність зразків найменшу щільність $\rho = 913 \text{ кг/м}^3$ має зразок №8 (скло тканина щільністю 100 г/м^3 , кевларова тканина щільністю 163 г/м^3 (два шара)). Найбільшу щільність $\rho = 1132 \text{ кг/м}^3$ має зразок №2 і №3 (скло тканина щільністю 100 г/м^3 , скло тканина щільністю 163 г/м^3 (два шара)).

Випробування по визначенню опору пошкодженню при ударі падаючим вантажем показали що: зразки ламінату №1, №2, №3 ормування склотканиною мають наскрізне пошкодження при енергія удару $8,46 \text{ Дж}$ (еквівалентно до зіткнення човнів на швидкості 90 км/год).

Зразки №4, №5, №6 армовані біоксіальним вуглеволокном також мають наскрізне пошкодження і розшарування волокна, збільшуючий ступінь пошкодження ламінату.

Зразки №7, №8, армовані кевларом мають ушкодження у вигляді отвору діаметром 16 мм та 8 мм .

Зразок №9 армовані біоксіально вуглеволокном і кевларом мають найменший ступінь пошкодження, отвір діаметром 7 мм . Низький ступінь пошкодження можна пояснити тим що вуглецеві волокна добре протистоять стисканню навантаження і розподіляють енергію удару на всю площину зразка, а кевларові волокна мають високу міцність при розтягуванні.

Проведення випробувань по визначенню ударної в'язкості показали що термічна обробка зразків ламінату в сушильній шафі при 70°C протягом 3 годин практично не змінює ударну в'язкість зразка №3 армованого склотканиною і №6 армованого вуглетканиною в порівнянні із зразками без термообробки №2, №5.

Відсутність зміни значення ударної в'язкості непрямо характеризують ступінь первинної полімеризації епоксидної матриці і показує що полімеризація пройшла в повній мірі, що властиво епоксидної смоли марки LN 289 і затверджувача Н 287. Дана марка смоли не призначений для термічного зміцнення. Повна полімеризація покращує теплостійкість, хімічну стійкість, покращує електроізоляційні властивості.

Найкращим поєднанням властивостей низькою щільністю $\rho = 913 \text{ кг/м}^3$ і стійкістю до пошкоджень має зразок №8 (скло тканина щільністю 100 г/м^3 , кевларові тканина щільністю 163 г/м^3 (дві кулі).

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення річного економічного ефекту від заміни одного матеріалу іншим

Визначити річний економічний ефект [21, 22] від зменшення кількості епоксидної матриці шляхом введення 50% наповнювача.

Вихідні дані наведені у таблиці.

Таблиця 4.1

№	Показники	Одиниці виміру	Позначення	Матеріал	
				Епоксидна смола	Епоксидна смола, наповнювач
1.	Собівартість виробництва	грн/т	С1, С2	80000	60000
2.	Питома капіталомісткість при виробництві матеріалу	грн/т	К1, К2	10000	8000
3.	Питома витрата старого і нового матеріалу на 1000кг продукції	т	У1, У2	80000	60000
4.	Собівартість виготовлення 1000кг продукції	грн	И1, И2	90000	70000
5.	Супутні капіталовкладення при виготовленні 1000кг продукції	грн	Ка1, Ка2	1000	1000
6.	Обсяг виробництва на розрахунковий рік	Т	А2	-	10

Примітка

Прийняти, що амортизаційні відрахування по супутнім капіталовкладенням у споживача матеріалів враховані у собівартості виготовлення (поз. 4).

Розрахуємо наведені витрати на виробництво однієї тони матеріалу з епоксидної смоли (З1) та епоксидної смоли і наповнювача (З2) за формулою:

$$З1 = C1 + E_n K1 = 80000 + 0,15 \times 10000 = 81500 \text{ грн/т};$$

$$З2 = C2 + E_n K2 = 60000 + 0,15 \times 8000 = 61200 \text{ грн/т}.$$

За формулою визначимо річний економічний ефект від зменшення кількості епоксидної смоли у виробі за рахунок наповнювача:

$$E = (З1 \times (Y1/Y2) + (I1 - I2) - E_n \times (K2 - K1) / (Y2 - З2)) \times A2 = \\ 81500 \times (80000/6000) + (90000 - 60000) - 0,15 (10000 - 8000) / (60000 - 61200) \\ \times 10 = 503335,5 \text{ грн}.$$

Висновки

Було визначено річний економічний ефект отримується при зменшенні кількості матеріалу матриці за рахунок добавки недорогого наповнювача при виробництві ливарних епоксидних полімерів.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ, НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

5.1 Порядок забезпечення робітників і службовців спецодягом та засоби захисту

Роботодавець зобов'язаний (ст. 221, 212 ТК) придбати за рахунок організації та за встановленими нормами безкоштовно видавати працівникам, зайнятості на роботах із шкідливими або небезпечна умови праці, в особливо температурних умовах и на роботах із забрудненням сертифіковані засоби індивідуального захисту, а також змиваючи та знешкоджують засоби. Він зобов'язаний також за свій рахунок забезпечити зберігання (у спеціальних гардеробних), прання, сушіння, дезінфекцію, дегазацію, дезактивацію та ремонт виданих за нормами ЗІЗ [23, 24, 25] .

Працівник зобов'язаний (ст. 214 ТК) використовувати видані йому ЗІЗ і правильно застосовувати їх. У разі незабезпечення належної за нормами ЗІЗ роботодавець не має права вимагати від працівника виконання трудових обов'язків и зобов'язаний сплатити йому в разі виникнення з цієї причини застій в роботі (ст. 221 ТК) у розмірі не менше двох третіх тарифної ставки або окладу (ст. 157 ТК).

Деякі види ЗІЗ (респіратори, захисні окуляри, протигази тощо) видають не в одиницях на рік, а «до зносу», інші, звані «черговими», видають тільки на час виконання тих робіт, для яких вони передбачені. Вони можуть бути також закріплені за певними робочими місцями (це, наприклад, кожухи - на зовнішніх постах, рукавиці діелектричні - при електроустановках тощо).

Відповідно до правил забезпечення працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими ЗІЗ (затвердженими Мінпраці від 18.12.1998 р. № 51) видавати працівникам ЗІЗ слід відповідно до їх зростанням і розмірами, а при видачі респіраторів, протигазів, саморятівників, запобіжних поясів, касок, накомарників та інших подібних ЗІЗ роботодавець зобов'язаний забезпечити

інструктажі працівників щодо правил користування і найпростіших способів перевірки їх справності. Він зобов'язаний також у відповідні терміни проводити випробування даного типу ЗІЗ, повинен вживати заходів до того, щоб працівники дійсно користувалися виданими ЗІЗ і не допускати їх до роботи без них або в несправній, брудній, що не відремонтованої спецодязі і спецвзуття.

Видані працівникам ЗІЗ – власність підприємства, і вони підлягають поверненню при звільненні, переведенні на іншу роботу, де вони не передбачені. Виносити ЗІЗ за межі організації забороняється, крім випадків, де це зробити не надається можливим (наприклад, на лісозаготовленнях, на ряді сільськогосподарських робіт). Тоді видані ЗІЗ залишаються у працівників. Такий порядок може бути обумовлений у колективному договорі або правилах внутрішнього трудового розпорядку.

Видачу працівникам і прийом від них ЗІЗ реєструють в особистій картці встановленого зразка.

Норми безплатної видачі працівникам миючих і знешкоджуючих засобів встановлено Мінпраці РФ від 04.07.2003 р. № 45. На роботах, пов'язаних із забрудненням, кожному працівникові покладається видавати по 400 г мила на місяць, по 100 мл захисного і по 100 мл відновлюючого крему для рук, а також по 200 мл очищаюча паста для рук.

Підкреслимо ще раз, що роботодавець зобов'язаний купувати та видавати спецодяг та інші ЗІЗ тільки ті, що мають сертифікат відповідності. Треба зауважити, що цей порядок часто порушується. У 2005 р. в ході перевірок держінспектори праці заборонили використання на підприємствах понад 44 тис. одиниць ЗІЗ, придбаних роботодавцями без сертифікатів відповідності і, отже, не повною мірою забезпечують захист працівників.

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, респіраторних, окулярах.

У відділеннях, відведених для робіт із шкідливими виділеннями (відділення цементної, 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.

5.3 Заходи проти пошкодження очей

У термічних цехах пошкодження очей може відбуватися внаслідок опіків бризками розплавлених солей і металів, піском, абразивними частинками від абразивних кругів і металевими іскрами, пилом карбюратора та ін [26].

Найбільш надійною заходом попередження пошкоджень очей є носіння окулярів, що відповідають умовам роботи, а також виконання вимог норм техніки безпеки. Конструкція окулярів залежить від видів робіт, для яких вони призначені, наприклад: сітчасті - від часток і бризок металу, лускаті зі склом - від іскор і стружки і почасти від пилю, окуляри - лійки від пилю і бризок, окуляри типу лійки з гумовою оправою без отворів - при роботі з їдкими хімічними речовинами.

У всіх випадках пошкодження очей треба звертатися до лікаря.

5.4 Заходи проти вдихання пилю і шкідливих газів

Щоб уникнути професійних отруєнь газами і пилом працюючий повинен добре знати і дотримуватися правил техніки безпеки: працювати при включеній припливно-витяжної вентиляції, а також за відсутності витoku газу в газопроводі, вентилях, змішувачах або просочуванні пилю з очисного

пристрою і т.п. У місцях, що вимагають роботи в масках, користування останніми обов'язково. При роботі з абразивними кругами, що виділяють пил, необхідно стежити за справністю дії місцевого або загального вентиляційного пристрою.

Щоб уникнути зараження газом повітря в приміщенні слід прагнути до встановлення такого режиму горіння газу в печах, при якому не було б надлишку незгорілого газу.

5.5 Правила громадської безпеки

До правил громадської безпеки в термічних цехах слід віднести:

- Пристрій огорожень печей і токопровідних проводів;
- Збереження приміщення в чистоті;
- Зберігання робочих інструментів у спеціальних приладах- пірамідах;
- Ізоляцію від загального приміщення термічного цеху таких процесів, як ціанування, травлення, піскоструминне очищення і т.п.;
- Справність припливно-витяжної вентиляції;
- Огорожа електродвигунів та іншого електрообладнання і його заземлення;
- Установку ресивера, поза приміщенням цеху;
- Огорожа місць, відведених для вивантаження та охолодження нагрітих виробів (наприклад: при нормалізації);
- Справність статі і транспортних шляхів, так само як і самих транспортних засобів;
- Більш широке застосування механізації при транспортуванні виробів;
- Обмеження входу в термічні цехи і особливо в спеціальні відділення для осіб, які не мають прямого відношення до роботи в цих відділеннях;
- Вивішування плакатів безпеки, наприклад про високу напругу.

Надання першої допомоги при нещасних випадках.

При наданні першої допомоги потерпілому від електричного струму необхідно ще до прибуття лікаря негайно звільнити потерпілого від дії електроструму і тут же почати штучне дихання, пам'ятаючи, що уражений електрострумом часто ще живий, незважаючи на відсутність серцебиття, дихання і пульсу. Штучне дихання виробляють безперервне протягом іноді 10-12 годину. Ні в якому разі не можна закопувати потерпілого в землю. Поруч із штучним диханням в якості міри першої допомоги розтирають тіло м'якою матерією в області грудей і живота. Якщо потерпілий не втратив створення, його необхідно перенести в чисте провітрене приміщення, укласти в ліжку і викликати медичну допомогу.

В цех повинні бути вивішені плакати та інструменти з надання першої допомоги.

Потерпілому від термічного опіку першого ступеня слід накладати содовий компрес, або присипати місце опіку очищеної содою, або застосувати спиртову примочку або примочку з 4% -го розчину марганцевокислого калію, застосовувати не слід.

При отруєнні окисом вуглецю винести потерпілого на свіже повітря і напоїти міцним чаєм, кафе і т.п. У разі припинення дихання виробляти штучне дихання.

5.6 Протипожежні заходи

Протилежні заходи в термічних цехах зводяться в основному до профілактичних заходів [28]:

- Регулярної очищення трубопроводів від сажі, підтримування в справності газопроводів і газорегуляторів, підтримці в справності масло-охолоджуючої системи, особливо відведення циркулюючого гартувального масла, щоб уникнути його переливу через борти боки і розтікання по підлозі цеху.

- В цех 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.

При загорянні мазуту ефективним для гасіння засобом виявляється пінний вогнегасник, пісок, розпорошена вода, застосування якої базується переважно на освітлі водної пари, при 30% якого в повітрі горіння не підтримується. Проходи і проїзди в цеху повинні бути вільними, доступними для дій при гасінні вогнищ загоряння.

5.7 Правила зберігання отруйних і запалюють речовин

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.

Ціанисті солі, упаковані в жерстяні або залізні банки або барабани, зберігаються на особливому складі, ізольованому від загального складу, з вентиляцією, що включається поза складу. На тарі повинен бути напис «ОТРУТА». До роботи з ціанистими 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.

Горючі речовини зберігаються в забарвлених бочках з написами про вміст. Тара повинна бути ретельно промитої. Між рядами бочок слід залишати достатні проходи. Для зберігання олії відводяться окремі комори, зберігання в яких бензину, газу та інших горючих матеріалів забороняється.

Висновки

У розділі розглянемо питання, забезпечення робітників і службовців спецодягом та засобами захисту.

Вивчено заходи безпеки для запобігання отруєння, ушкодження очей, виникнення пожежі на виробництві з використанням полімерних композитних матеріалів.

Вивчено правила загальної безпеки і зберігання отруйних и запалюють речовини.

ВИСНОВКИ

У літературному огляді по темі кваліфікаційної роботи «Дослідження впливу складу ламінату на фізико-механічні Властивості полімерного матеріалу з епоксидних матриць» були Розглянемо питання: застосування полімерних композитних матеріалів при виготовленні ламінату. Вивчено класифікація даних матеріалів, способи отримання, фізико-механічні властивості, переваги і недоліки, область застосування.

Були вивчені сучасні технології виготовлення корпусних деталей з використанням полімерних композитних матеріалів. Розглянуті питання автоматизації процесу виробництва.

У другому розділі, ґрунтуючись на літературно-патентний пошуку нами був обраний матеріал матриці і наповнювачі для виготовлення експериментальних зразків полімерного композитного матеріалу. Як матриці епоксидних смола LN 289, наповнювачі: скловолокно різної щільності, біаксіальне вуглеволокно, кевлар. У розділі представлені дані по фізико-механічним властивостям вибраних матеріалів, і рекомендацій за технологією їх застосування.

Визначено методи проведення випробування досліджених полімерних композитних ламінатів.

Розглянемо методи дослідження:

- на опір пошкодження при ударі падаючим вантажем;
- визначення ударної в'язкості;
- мікро і макроаналіз структури полімеру.

У третьому розділі в ході проведення експерименту був вивчений технологічний процес отримання полімерного композитного ламінату з епоксидної матрицею і тканин наповнювача (склотканина, вуглетканин, кевлар), методом вакуумного формування.

Отримані зразки ламінату, визначена щільність зразків, найменшу щільність $\rho = 913 \text{ кг / м}^3$ має зразок №8 (скло тканина щільністю 100 г / м^3 , кевларові тканина щільністю 163 г/м^3 (дві кулі)). Найбільшу щільність $\rho =$

тисячі сто тридцять два кг/м³ має зразок №2 и №3 (скло тканина щільністю 100 г/м³, скло тканина щільністю 163 г/м³ (дві кулі)).

Випробування по визначених опорі пошкодженню при ударі падаючим вантаж показали що: зразки ламінату №1, №2, №3 армовані склотканиною мають наскрізне пошкодження при енергія удару 8,46 Дж (еквівалентно до зіткнення човнів на швидкості 90км / год).

Зразки №4, №5, №6 армовані біоксіальним вуглеволокном також мають наскрізне пошкодження и розшарування волокна, збільшуючий степінь пошкодження ламінату.

Зразки №7, №8, армовані ківларом мають пошкодженню у вигляді отвору діаметром 16 мм та 8 мм.

Зразок №9 армований біоксіально вуглеволокном і кевларом має найменшу ступінь пошкодження, отвір діаметром 7 мм. Низьку ступінь пошкодження можна пояснити тим, що вуглецеві волокна добре протистоять зтиснуючим навантаженням і розподіляють енергію удару на всю площину зразка, а кевларові волокна мають високу міцність при розтягуванні.

Проведення випробувань по визначених ударної в'язкості показали, що термічна обробка зразків ламінату в сушильній шафі при 70°C протягом 3 годин практично не змінюють ударну в'язкість зразка №3 армованого склотканною і №6 армованого вуглетканиною у порівнянні з зразками без термообробки №2, №5.

Відсутність зміни значення ударної в'язкості опосередковано характеризує ступінь первинної полімеризації епоксидної матриці і показує, що полімеризація пройшла в повній мірі, що властиво епоксидної смоли марки LH 289 і затверджувача H 287. Дана марка смоли не призначений для термічного зміцнення. Повна полімеризація покращує теплостійкість, хімічну стійкість, покращує електроізоляційні властивості.

Найкращим поєднанням властивостей низькою щільністю $\rho = 913$ кг/м³ і стійкістю до пошкоджень має зразок №8 (скло тканина щільністю 100 г/м³), кевларові тканина щільністю 163 г/м³ (дві кулі).

В економічній частині був визначений річний економічний ефект отримується при зменшенні кількості матеріалу матриці за рахунок добавки недорогих наповнювача при виробництві ливарних епоксидних полімерів.

У розділі охорона праці, навколишнього середовища і техніки безпеки

Розглянуто питання, забезпечення робітників-службовців спецодягом та засобами захисту.

Вивчено заходи безпеки для запобігання отруєння, ушкодження очей, виникнення пожежі на виробництві з використанням полімерних композитних матеріалів.

Вивчено правила загальної безпеки і зберігання отруйних і запалюючих речовини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Касимов А. М. Технология утилизации ванадийсодержащих отходов ЗТМК / А. М. Касимов // Сотрудничество для решения проблем отходов : тезисы доклада Международ. науч.-техн. конф. -Харьков, 2005. - С. 65-67.
2. Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения: монография / А. М. Касимов, Л. Л. Тобажнянский, В. И. Тошинский, Д. В. Сталинский. - Харьков : Изд. Дом НТУ «ХПИ», 2009. - 512 с.
3. Касимов А. М. Технология извлечения соединений ванадия и никеля из зольных остатков сжигания высокосернистых мазутов / А. М. Касимов // Редкие металлы - взгляд в будущее : сб. науч. тр. ИГН НАНУ. - К., 2001. - с. 59.
4. Касимов А. М. Отход горнометаллургического комплекса потенциальная сырьевая база развития производства редких и тяжелых металлов / А.М. Касимов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2005. - №4/2(16). - С. 147-150.
5. A. Buekens, J. Schoeters, "Thermal Methods in Waste Disposal" EEC, Brussels, 1984.
6. Th. Helder, E. Stuttrheim, K. Olie. Chemosphere, Vol. 11, No. 10, pp. 952-972, 1982.
7. Юфит С.С. Мусоросжигательные заводы - помойка на небе. Эколайн, 1998.
8. Афонин Д.Г., Рагульская М. В. Особенности адаптации организма человек к техногенным факторам современного мегаполиса. 08.07.2003,09:27./www.sciteclibrary.com.
9. Мікульонок І. О. Термопластичні композитні матеріали та їх наповнювачі: класифікація та загальні відомості// Хімічна промисловість України. –2005.–№ 5. – С.30-39.

10. Антипов Ю.В., Бабаевский П. Г., Бородай Ф.Я. и др. Машиностроение: Энциклопедия. В 40 т. Р.П. Материалы в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2005.–Т.П-4.–С.61
11. Пугачев А. К., Росляков О. А. Переработка фторопластов в изделия.- Л: Химия, 1987.–168 с.
12. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики. – Киев: Техника, 1985. –195 с.
13. Будник А.Ф., Будник О.А., Бурмістр М.В. Вплив та місце технологічних процесів підготовки наповнювачів і композиції у технології виробництва композитів на основі фторопласту-4 // Вісник СумДУ.–2007. – № 1.–С.64-72.
14. Влияние поверхностной обработки углеродных волокон на прочностные свойства углепластиков / Г.М. Гуняев, Ю.А. Горелов, Ю.А. Давыдов и др. // Механика композитных материалов. – 1979.–№ 4. –С. 603-606.
15. Новикова О. А., Сергеев В. Л. Модификация поверхности армирующих волокон в композиционных материалах. – К: Наук. думка, 1989. – 215 с.
16. Основные тенденции создания полимерных композиционных антифрикционных материалов/ И. А. Грибова, А. П. Краснов, А. Н. Чумаевская, Н.М. Тимофеева. // Обзор аналитической информации. – М.: ИНЭОС, 1996. – 46 с.
17. Охлопкова А.А. Физико-химические принципы создания триботехнических материалов на основе политетрафторэтилена и ультрадисперсных керамик: Дис. д-ра техн. наук 05.02.01, 05.02.04. – Гомель, 2000.–295 с.
18. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. М.: Химия, 1991. – 304 с.
19. Graff G. Suppliers trim costs and diversify product lines // Modern Plastics Intern. – 1998. – P.78-84.

20. Бутягин П.Ю. Проблемы и перспективы развития механохимии // Успехи химии, 1994. – Т.63, –№ 12. – С.1031-1043.
21. Охлопкова А. А., Амосов Н. Г., Броцева П. Н. Влияние активированного модификатора на деформационно-прочностные и триботехнические свойства ПТФЭ. // Пластические массы. –1999. – № 8.– С. 32-36.
22. Чегодаев Д. Д., Наумова З. К., Дунаевская Ц. С. Фторопласты. – Л.: ГНТИХЛ, 1960. –192 с.
23. Горяинова А.В, Божков Г.К., Тихонова М.С. Фторопласты в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1981. – 234 с.
23. Паншин Ю.А., Малкевич С.Г., Дунаевская Ц.С. Фторопласты. – Л.: Химия, 1978. – 232 с.
24. Фитцер Э. Углеродные волокна и углекомпози́ты: Пер. с англ. /Под ред. А.А. Берлина. – М.: Мир, 1988. –366 с.
25. Углеродные волокна / Под ред. С.Симамуры. – М.: Мир, 1987.–304 с.
26. Конкин А. А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы. –М.: Химия, 1974. – 376 с.
27. Сухарев С.М. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів /С.М. Сухарев, С.Ю. Чундак, Ю.О. Сухарев [2-ге видання] - Львів: «Новий світ 2000» 2005. -256 с.
- 28 ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.