УДК 629.5.01

СКЛАД ЕПОКСИДНОГО СПОЛУЧНИКА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУДНОВОГО ТРАПУ

Соломонюк Наталя Сергіївна[1], к.т.н.,
Юреско Тетяна Анатоліївна[2], к.т.н.,
Васильєва Ангеліна Валеріївна[3], студентка
[3]Національний університет кораблебудування імені адм. Макарова
[1]Україна, Миколаїв;
[1]natalysolomonuk@gmail.com [2]tyuresko@gmail.com [3]sendler2000@gmail.com

Анотація. В роботі за допомогою експерименту обирається склад сполучника для виготовлення склопластикового трапу з оптимальними характеристиками. Для цього в епоксидному сполучнику комбінується два твердника (ПЕПА і Діамет Х) і його температура твердіння.

Ключові слова: склопластик, трап, епоксидний сполучник.

Вступна частина. Трапи, це будь-якого типу стаціонарні суднові сходи для сполучення між приміщеннями, відсіками, палубами судна, берегом, а також переносні гнучкі сходи з рослинного або синтетичного тросу. В якості матеріалу для трапів загалом використовується алюміній, проте через його схильність до корозії та відносно швидку зношуваність, прийнято рішення замінити його на кращий за механічними властивостями склопластик. На сьогодні найбільш поширені трапи на основі скловолокна та епоксидної смоли. [1]

Мета роботи. Вибрати склад сполучника склопластику для досягнення кращої міцності конструкції і оптимального режиму твердіння у залежності від комбінації кількості і якості обраних твердників.

Основна частина. При виборі смоли висувається ряд вимог; як на стадії виготовлення, так і при експлуатації. Найчастіше для трапів використовуються епоксидні смоли. Оскільки вона має високі показники тепло- та електроізоляційних властивостей; високу хімічну стійкість; високі механічні характеристики та високу водостійкість. Для епоксидних смол найчастіше використовуються наступні твердники.

Аліфатичні аміни для холодного твердіння смол при кімнатній температурі. Отримані полімери універсальні, мають високі фізико-механічні показники і високу адгезію до заповнювача. Для повного затвердіння смоли потрібна мала кількість твердника. До них відносяться діетілентриамін, триетілентриамін, поліетиленполіамін.

Ароматичні аміни для гарячого твердіння. Вони забезпечують високу міцність, теплостійкість, хімічну і вологостійкість одержуваних полімерів та високу адгезію до різних конструкційних матеріалів (м-фенілендіамин, діамінодіфенілметан, діамет Х)

Для склопластикових трапів використовуються як твердники поліетиленполіамін (ПЕПА), в кількості до 14 ваг.частин при кімнатній температурі, або частіше – діамет Х в кількості до 31 ваг.частин при $T_{тв.}$ = 105°С

Визначення часу гельутворення та твердіння полімерного сполучника проводиться за методом крутильного маятнику. Метод заснований на визначенні відносної зміни в'язко-пружних властивостей нитки (динамічний модуль пружності, механічні втрати), що просочена олігомерною композицією, в процесі її ізотермічного затвердження. При кімнатній температурі установка розташовувалась в приміщенні лабораторії, при підвищених температурах – в печі. За цими показниками встановлюється час гельутворення та твердіння композиції за зміною відносної жорсткості нитки (ΔG) в залежності від тривалості існування композиції.

$$\Delta G = 1/T^2 \quad (1)$$

де T –середній період коливання маятнику.

Виконання експерименту за методом крутильного маятнику має наступні етапи [2]**:**

1. Від бобіни зі склониткою (або вугленитко́ю) відрізається нитка не коротше 320 мм та кріпиться на крутильному маятнику. Довжина нитки повинна бути не менше 150 мм.
2. Нитка просочується композицією смола + твердник.
3. Через визначений період часу нитка відхиляється від положення рівноваги приблизно на 90°, і за допомогою секундоміру вираховується час 5 коливань.

Експеримент проводиться за планом-матрицею методу латинських квадратів [3]. Функціями відклику є час гельутворення, твердіння та міцність на стискання затверділого епоксидного сполучника.

В даному випадку якісними факторами є вибір поєднання твердників діамет-Х та ПЕПА для епоксидної смоли та температура твердіння. В стандартній композиції використовується. Час гель утворення діамет-Х становить близько 1 години при Т = 103 – 105°С, тому потрібно його прискорити, для того, щоб композиція не розпливалась. Тому додається твердник холодного типу ПЕПА, оскільки він прискорюється при підвищенні температури. Додатковим фактором твердіння є температура. Тобто експеримент є трифакторним.

План-матриця для визначення часу гельутворення, твердіння та міцності на стискання для епоксидного сполучника трифакторного експерименту методом латинських квадратів представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 – План-матриця експерименту

Діамет Х, ваг.част / **ПЕПА, ваг.частин**	b_1**=0**	b_2**=15**	b_3**=31**
a_1**=0**	T_1=20°С	T_2=85°С	T_3=120°С
a_2**=7**	T_2=85°С	T_3=120°С	T_1=20°С
a_3**=14**	T_3=120°С	T_1=20°С	T_2=85°С

Після виконання дослідів при різних температурах і для різних складів сполучника розраховується період коливань та відносна жорсткість нитки ΔG за формулою (1) і результати також вносяться в таблицю після виключення грубих помилок у паралельних дослідах та осереднення результатів за методикою [4].

Будуються графіки залежності відносної жорсткості від часу існування композиції $\Delta G(\lg t)$ і апроксимуються логістичним розподілом. Час твердіння композиції визначається за графіком (це точка переходу лінії логістичного розподілу в горизонтальну лінію $\Delta G_{\max}$).

Умовна жорсткість при часі гельутворення композиції є другою похідною від функції логістичного розподілу за умови, що функція дорівнює 0.

Визначається середнє значення часу гельутворення та часу твердіння результати записуються в таблицю.

В даних точках експерименту знайдено також міцність на стискання відповідної композиції. Для кожної частини експерименту проведено статистичну обробку і визначена значимість всіх трьох факторів для кожної функції відклику. Всі фактори для всіх функцій визначено як значимі.

Найбільш вдалі результати експерименту представлені у таблиці 2 і обрано оптимальні режими твердіння.

Таблиця 2 – Результати дослідження композиції епоксидного сполучника

№ досліду	Твердник, ваг.частин		Температура твердіння, T °C	Час гельутворення $t_г$, хв	Час твердіння $t_{тв}$, хв	Міцність на стискання σ, МПа
	ПЕПА	Діамет Х				
2	7	15	120	2,4	14,5	140
3	14	31	85	2,5	9,7	138
4	7	31	25	47	220	125

Склади 2 і 3 дають найбільшу міцність, але дуже короткий час гельутворення (впливає підвищена температура), тобто при кімнатній температурі є можливість виконувати всі технологічні операції з матеріалом. В 4 складі міцність на стискання менше приблизно на 10 %, але час гельутворення дозволяє виконати всі технологічні операції і не використовувати гаряче твердіння.

Висновки.

1. Обґрунтовані фактори впливу (час гельутворення, твердіння та температура твердіння) та вибір плану-матриці методом латинських квадратів для експериментального дослідження складу сполучника для корабельного трапу.
2. Досліджені процеси гельутворення, твердіння в сполучнику та його міцність на стискання в залежності від твердників та температури твердіння. Потрібне короткотривале підвищення температури для виготовлення якісних трапів, тому що міцність матеріалу вища і час твердіння скорочується.
3. Підібрано декілька складів епоксидного сполучника для склопластику з комбінацією твердників: При таких умовах отримується вища міцність сполучника (125 – 140 МПа).

ЛІТЕРАТУРА

[1] *Судовые трапы и сходни* - https://mirmarine.net/sudovoditel/dlya-matrosa/1162-sudovye-trapy-i-skhodni

[2] *Практикум по полимерному материаловедению.* Под. ред.. П.Г. Бабаевского. М.: Химия,1985 – 256 с/

[3] J.H. van Lint, R.M. Wilson: A Course in Combinatorics. Cambridge University Press 1992,ISBN 0-521-42260-4

[4] Степнов М.Н. (1985). *Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник*. М.: Машиностроение.

Composition Of The Epoxy Coupler For Manufacturing Ship Ladder

Solomoniuk N., Yuresko T., Vasylieva A.
National University of Shipbuilding named after adm. Makarov

Abstract. In the work, the composition of the binder for the glass reinforced plastic ladder is selected with the help of an experiment. For this purpose, two hardeners (PEPA and Diamet X) are selected in the epoxy binder at the optimal hardening temperature.

Key words: glass reinforced plastic, ship stairs, epoxy binder.