

УДК 667.64:678.026

Сметанкін С., Сапронова А., Палагній В.

Херсонська державна морська академія, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Smetankin S., Saprionova A., Palagniy V.

Kherson State Maritime Academy

INVESTIGATION OF CORROSION DURABILITY OF EPOXY COMPOSITES IN LABORATORY CONDITIONS

Ключові слова: захисне покриття, корозія, волокнистий наповнювач, питомий опір, питома ємність

Keywords: protective coating, corrosion, fibrous filler, resistivity, specific capacity

Для надійного захисту металоконструкцій транспорту актуальним є розробка нових епоксикомпозитних покриттів з високим хімічним опором. Серед найбільш розповсюджених методів поліпшення антикорозійних характеристик є введення у епоксидну матрицю різних за фізико-хімічною природою і дисперсністю наповнювачів. Це дозволяє підвищити ступінь зшивання полімеру і відповідно експлуатаційні характеристики розроблених матеріалів. Тому, актуальним є дослідження впливу двох наповнювачів у комплексі на антикорозійні властивості композитних покриттів [1-3].

Для формування захисних покриттів використовували епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20, твердник поліетиленполіамін ПЕПА. Для поліпшення властивостей захисних покриттів використовували два наповнювачі у комплексі (суміш дискретних органічних волокон (СДОВ) і антиагломеруючу добавку Hydropho biervnsmittel (HDBS)).

Акрилові волокна, які входять до складу СДОВ забезпечують стійкість до атмосферного впливу (високий ступінь водовідштовхування), підвищують теплостійкість. Тоді, як волокна шовку забезпечують еластичність. Поліамід використовують як антикорозійний матеріал. Зважаючи на схильність до агломерування дискретних волокон використовували антиагломеруючу добавку німецького виробництва Hydropho biervnsmittel (HDBS), що додатково забезпечує стійкість до атмосферного впливу і морозостійкість.

Оптимальний вміст наповнювачів визначали методом математичного планування експерименту з використанням прикладного пакету STATGRAPHICS® Centurion XVI. Вміст основного та додаткового наповнювачів вибирали на основі комплексних досліджень фізико-механічних властивостей КМ [4-7]. На основі математичного планування експерименту встановлено, що максимальними показниками руйнівних напружень при згинанні характеризуються композити при вмісті наповнювачів: суміш дискретних органічних волокон (СДОВ) – 0,025 мас.ч., антиагломеруючої добавки hydropho biervnsmittel (HDBS) – 20 мас.ч. ($\sigma_{32} = 92,6$ МПа). Максимальними показниками модуля пружності при згинанні – епоксидний композит за наступного вмісту добавок: суміш дискретних органічних волокон (СДОВ) – 0,010 мас.ч., антиагломеруюча добавка hydropho biervnsmittel (HDBS) – 30 мас.ч. ($E = 5,8$ ГПа). Отже, отримані результати математичного планування експерименту дозволити визначити варіанти антикорозійних епоксидних покриттів (АЕП 1 – матриця; АЕП 2 (СДОВ (0,010 мас.ч.) + HDBS (30 мас.ч.); АЕП 3 (СДОВ (0,025 мас.ч.) + HDBS (20

мас.ч.); АЕП 4 (СДОВ (0,025 мас.ч.) + HDBS (10 мас.ч.)), які випробовували на стійкість до агресивних середовищ.

Надалі проводили дослідження корозійної тривкості у лабораторних умовах, шляхом аналізу зміни питомого опору і питомої ємності розроблених матеріалів у часі під впливом агресивних середовищ (сірчана кислота, річкова вода). Експериментально встановлено найменші показники питомого опору і найбільші показники питомої ємності у досліджуваних середовищах для епоксидної матриці. Для розроблених композитних матеріалів АЕП 2, АЕП 3, АЕП 4 спостерігали не суттєве зменшення питомого опору у середовищі річкової води впродовж 30 діб дослідження. Зміну питомої ємності спостерігали у період 5 доби дослідження. При цьому найменше значення питомої ємності – $c = 11,0...12,0$ пФ/м² характерне для композитного матеріалу (АЕП 3) наповненого СДОВ за вмісту 0,025 мас.ч. і HDBS – 20 мас.ч., що корелює із результатами питомого опору та свідчить про блокування процесу дифузії середовища річкової води (іонів води і кисню).

При дослідженні корозійної стійкості розроблених матеріалів у середовищі сірчаної кислоти спостерігали дещо зменшення показників питомого опору і збільшення питомої ємності (порівняно із середовищем води), що пов'язано із перебігом хімічних реакції, які призводять до утворення гідроксильних іонів та підвищення рівня рН. Це у свою чергу супроводжується процесом хімічного руйнування зв'язків полімеру. Встановлено, покриття АЕП 3, що містить у своєму складі наповненого СДОВ за вмісту 0,025 мас.ч. і HDBS – 20 мас.ч. характеризується найбільшим значенням питомого опору – $\rho = 0,23$ Ом·м² і найменшим значенням питомої ємності – $c = 14,0$ пФ/м². Тобто, можна припустити, що оптимальне співвідношення добавок, які містять значну кількість активних -О-Н- і NH₂ груп забезпечують підвищення ступеня зшивання та забезпечує сповільнення електрохімічних реакцій, внаслідок утворення дифузійного бар'єру в об'ємі захисного покриття.

Враховуючи наведені вище результати дослідження можна стверджувати, що найбільш агресивним середовищем є сірчана кислота, де розроблене покриття АЕП 3 характеризується підвищеними антикорозійними характеристиками.

Висновки. Доведено, що введення суміші дискретних органічних волокон за вмісту $q = 0,025$ мас.ч. та антиагломеруючої добавки hydropho biervnsmittel за вмісту $q = 20$ мас.ч. на 100 мас.ч. олігомеру ЕД- 20 і 10 мас.ч. твердника ПЕПА забезпечує формування матеріалу з такими властивостями: руйнівні напруження при згинанні – $\sigma_{зг} = 92,6$ МПа, модуль пружності при згинанні – $E = 5,6$ ГПа. Додатково встановлено, що впродовж $\tau = 30$ діб витримки у різних агресивних середовищах (сірчана кислота і річкова вода) найбільшим значенням питомого опору характеризується розроблений композитний матеріал АЕП-3, що містить у своєму складі: епоксидний олігомер ЕД-20 (100 мас.ч.), СДОВ (0,025 мас.ч), HDBS (20 мас.ч.), твердник поліетиленполіамін ПЕПА (10 мас.ч.) за рахунок утворення дифузійного бар'єру в об'ємі захисного покриття.

Література:

1. Buketov A.V., Saprionov O.O., Brailo M.V. Investigation of the Physico-Mechanical and Thermophysical Properties of Epoxy Composites with a Two-Component Bidisperse Filler. Strength of Materials. 2014. Vol. 46, No 5. pp.717-723. doi: 10.1007/s11223-014-9605-z.
2. Сапронов О.О. Підвищення антикорозійних характеристик деталей суднових енергетичних установок за рахунок використання епоксикомпозитних покриттів. Наукові нотатки. 2014. Випуск 47. С. 176-181.

3. Elmore J. D., Kincaid D. S., Komar P. C., Nielsen, J. E. Waterborne epoxy protective coatings for metal. *Journal of Coatings Technology*. 2002. 74(8). pp. 63–72. doi:10.1007/bf02697969.

4. Buketov A.V., Sapronova A.V., Sapronov O.O., Buketova N.M., Sotsenko V.V., Brailo M.V., Yakushchenko S.V., Maruschak P.O., Panin S.V., Smetankin S.O., Kulinich A.G., Kulinich V.G. Influence of the structure of epoxy composite filled with discrete fibers on impact fracture of vehicle parts. *Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal*. 2020. Vol. 11. № 2. pp. 113–127. doi: 10.1615/CompMechComputAppIntJ.2020031192).

5. Яцишин О.І., Червінський Т.І., Братичак М.М. Вивчення структурування епоксидної смоли ЕД-20 у присутності реакційноздатних олігомерів. *Вісник Львівської політехніки. Хімія, технологія речовин та їх застосування*. 2012. № 726. С. 467-471.

6. Buketov A.V., Sapronova A.V., Braila M.V., Sotsenko V.V., Yurenin K.Yu., Antonio B. Polymer composites for improving the resource of pipeline transport. *Journal of Hydrocarbon Power Engineering*. 2018. Vol. 5(2). P. 43-49.

7. Сапронова А.В. Вплив вмісту органічних волокон у епоксидному зв'язувачі на показники адгезійної та когезійної міцності покриттів транспортної техніки. *Науковий вісник ХДМА*. 2019. №1(20). С. 141-151.

УДК 667.64:678.026

Сапронов О., Воробйов П., Соценко В.

Херсонська державна морська академія, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ У ПРИРОДНИХ УМОВАХ

Sapronov O., Vorobiov P., Sotsenko V.

Kherson State Maritime Academy

STUDY OF CORROSION DURABILITY OF EPOXY COMPOSITES IN NATURAL CONDITIONS

Ключові слова: захисне покриття, дефекти покриття, зміна маси, річкова вода, крайова корозія

Keywords: protective coating, coating defects, weight change, river water, marginal corrosion

Корозія металів завдає значних економічних витрат в різних галузях промисловості, у тому числі і в суднобудуванні. При цьому корозійне руйнування може охоплювати як всю поверхню металу, так і окремі ділянки. Це призводить до зниження міцності окремих ділянок поверхонь транспорту, що у свою чергу зменшує його надійність. Серед основних методів протикорозійного захисту найбільш перспективним є використання неметалевих захисних покриттів. Тому, розробка та дослідження нових антикорозійних епоксидних покриттів є актуальним завданням сучасного полімерного матеріалознавства [1-3].

Для формування захисних покриттів використовували епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20, твердник поліетиленполіамін ПЕПА. Для поліпшення властивостей захисних покриттів використовували два наповнювачі у комплексі (суміш дискретних органічних волокон і антиагломеруючу добавку Hydropho biervnsmittel), оптимальний вміст який вибрано на основі математичного планування експерименту з використанням прикладного пакету STATGRAPHICS® Centurion XVI [4-7].