

УДК 667.64:678.026

О.О. Сапронов, докт. техн. наук, доц., П.О. Воробйов, асп., Н.П. Вибач, м.н.с, М.В. Танська, канд. техн. наук., доц., Н.Є. Субботіна, канд. техн. наук., доц. Херсонська державна морська академія, м. Херсон, (Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ПІДВИЩЕНОЮ КОГЕЗІЙНОЮ МІЦНІСТЮ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПОВЕРХОНЬ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

O.O. Sapronov, Dr., Assoc. Prof., P.O. Vorobiov, N.P. Vybach, M.V. Tanska, Ph.D., Assoc. Prof., N.Ye. Subbotina, Ph.D., Assoc. Prof.

DEVELOPMENT OF MODIFIED POLYMERIC MATERIALS WITH HIGH COHESIVE STRENGTH TO PROTECT THE SURFACES OF TRANSPORT EQUIPMENT

Постановка проблеми. При експлуатації транспортної техніки в умовах впливу агресивного навколишнього середовища (температура, вологість, вплив ультрафіолетового опромінення та ін.) відбувається поступове руйнування їх зовнішніх поверхонь, що з часом призводить до повного припинення функціонування вузлів чи агрегатів техніки [1-3]. Переважно такі процеси пов'язані із перебігом фізико-хімічних процесів корозії, що у свою чергу призводять до анодного розчинення металу за рахунок утворення гальванопари (окалина поверхонь транспортної техніки – катод, метал – анод). Тому, одним із ефективних методів підвищення надійності зовнішніх поверхонь транспортної техніки є застосування полімерних захисних покриттів. При цьому аналогічні процеси можливі при порушенні суцільності полімерних захисних покриттів. Враховуючи вищенаведене актуальним є поліпшення не лише адгезійних характеристик захисних покриттів, а й їх когезійної міцності [4-5].

Мета роботи – дослідити вплив модифікатора на когезійну міцність захисних покриттів. Для формування полімерних матеріалів використовували епоксидний зв'язувач DER – 331. Для зшивання епоксидного зв'язувача використано твердник холодного тверднення триетилентетрамін ТЕТА. Для поліпшення властивостей композитів використовували модифікатор 2-Бензофуран-1,3-діон – фталевий ангідрид (ФА), який вводили у зв'язувач за вмісту від $q = 0,10 \dots 3,00$ мас.ч.

У роботі досліджували вплив модифікатора ФА на значення руйнівних напружень при згинанні (σ_{32}), модуля пружності при згинанні (E) та ударну в'язкість. Доведено, що при введенні незначного вмісту модифікатора – $q = 0,10$ мас.ч. спостерігали максимальне значення руйнівних напружень при згинанні ($\sigma_{32} = 92,8$ МПа), що в 1,1 рази є більшим за встановлене значення даної характеристики для вихідної матриці ($\sigma_{32} = 80,0$ МПа). Це зумовлено хімічною взаємодією функціональних груп епоксидного зв'язувача та модифікатора при їх зшиванні. При подальшому збільшенні вмісту модифікатора ФА в епоксидному зв'язувачі до $q = 0,25 \dots 3,00$ мас.ч, спостерігали монотонне зниження показників руйнівних напружень, які коливаються в межах $\sigma_{32} = 74,4 \dots 80,5$ МПа.

Водночас при введенні ФА за вмісту $q = 0,10 \dots 0,25$ мас.ч. значення модуля пружності знаходяться в межах $E = 2,9 \dots 3,0$ ГПа, що на $\Delta E = 0,2$ ГПа перевищують початкові значення вихідної матриці. Максимум на кривій залежності модуля пружності від вмісту ФА встановлено при введенні $q = 0,50$ мас.ч. модифікатора. У такому випадку модуль пружності модифікованої матриці становить – $E = 3,35$ ГПа. Вважали, що підвищення пружних характеристик композиту пов'язано із частковою пластифікуючою дією модифікатора, що забезпечує підвищену рухливість і

деформацію макроланцюгів олігомеру. Однак, збільшення вмісту ФА до $q = 1,00 \dots 3,00$ мас.ч. призводить до перенасичення системи модифікатором та характеризується погіршеними когезійними властивостями матеріалу. За такого вмісту ФА спостерігали значення модуля пружності при згинанні $E = 2,9 \dots 3,2$ ГПа. Слід зазначити, що навіть при максимальному вмісті модифікатора отриманні показники модуля пружності є більшими порівняно з вихідною матрицею.

Стосовно ударної в'язкості. Доведено, що при введенні модифікатора ФА за вмісту $q = 0,10$ мас.ч., спостерігали максимальне значення ударної в'язкості яке становить – $W = 17,5$ кДж/м², що в свою чергу перевищує значення не модифікованої матриці на $\Delta W = 4$ кДж/м². Аналіз поверхні руйнування модифікованої матриці після ударного руйнування дозволив виявити рівномірне поширення тріщин (з точки удару) по всій площині полімеру. Це свідчить про рівномірний розподіл навантаження ударного характеру по об'єму полімеру за рахунок високого ступеня зшивання.

При збільшенні вмісту ФА до $q = 0,25$ мас.ч. значення ударної в'язкості зменшується до $W = 12,0$ кДж/м² (коливається в межах вихідної епоксидної матриці). Аналіз руйнування таких матеріалів дозволив встановити рівномірні по всій площині заглибини, що свідчать про підвищений рівень концентраторів напружень в об'ємі полімеру. Подальше збільшення вмісту модифікатора в епоксидному зв'язувачі до $q = 0,50 \dots 3,00$ мас.ч., призводить до монотонного зниження показників ударної в'язкості, які становлять – $W = 4,60 \dots 6,58$ кДж/м². Методом оптичної мікроскопії встановлено утворення концентраторів напружень, що забезпечують формування дефектів (точкових і лінійних пор) у об'ємі полімеру і як результат, збільшення золь-фракції.

Висновки. Доведено, що для формування матриці з поліпшеними когезійними характеристиками необхідно у епоксидний олігомер DER – 331 (100 мас.ч.) вводити модифікатор 2-Бензофуран-1,3-діон за вмісту $q = 0,10 \dots 0,50$ мас.ч. Такі модифіковані епоксикомпозитні матеріали характеризуються наступними властивостями: руйнівні напруження при згинанні $\sigma_{32} = 92,8$ МПа, модуль пружності при згинанні – $E = 3,35$ ГПа, ударна в'язкість – $W = 17,5$ кДж/м². Це пов'язано із здатністю модифікатора (при мінімальному вмісті) рівномірно і однорідно розподілятися у об'ємі композиції, що у свою чергу призводить до швидкої реакційної здатності молекул взаємодіяти між собою і як наслідок утворення міцно зшитої тривимірної полімерної сітки.

Література

1. Lysenkov E.A. The influence of carbon nanotubes on the sensitivity of humidity sensors based on organic-inorganic polymer materials / E.A.Lysenkov, O.V.Stryutskiy, Yu.P.Gomza, V.V. Klepko // Functional materials. – 2015. – V. 22, №1. – P. 40-46.
2. А. В. Букетов. Відновлення засобів транспорту фулереновмісними епоксикомпозитами / А. В. Букетов, О.О. Сапронов, М.В. Браїло, Н.М. Букетова, L. Dulebová, В.Л. Алексенко, В.М. Яцюк. – Херсон: ХДМА, 2018. – 164 с.
3. Kashytskyi V. Examining the effect of physical fields on the adhesive strength of protective epoxy composite coatings / V. Kashytskyi, P. Savchuk, V. Malets, Y. Herasymiuk, S. Shcheglov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 3/12 (87). – P. 16-22.
4. Dolgov M.A. On the problem of modeling adhesive strength of protective coating depending on the content and conditions of formation of composition / Dolgov M.A., Buketova N.M., Zubrets'ka N.A. // Strength of Materials. - Vol. 44, N 2.- 2012.- P. 212-218.
5. А. В. Букетов. Відновлення засобів транспорту фулереновмісними епоксикомпозитами / А. В. Букетов, О.О. Сапронов, М.В. Браїло, Н.М. Букетова, L. Dulebová, В.Л. Алексенко, В.М. Яцюк. – Херсон: ХДМА, 2018. – 164 с.