

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ З ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ МОДИФІКОВАНИХ ЗМІННИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ В УМОВАХ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР

Стухляк П. Д., д.т.н., проф.; Карташов В. В.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Досліджено вплив обробки змінним магнітним полем на надійність захисних епоксикомпозитних покриттів, що піддавали впливу підвищених температур. На основі результатів експериментальних досліджень по теплостійкості встановлено температурну межу, в якій досліджувані покриття зберігають експлуатаційні властивості.

Постановка проблеми. Використання захисних покриттів на основі композитних матеріалів є перспективним методом підвищення надійності деталей механізмів та машин, що працюють в умовах температурного впливу. Модифікація матеріалу таких покриттів фізичними полями дозволяє продовжити міжремонтний період та підвищити ресурс роботи технологічного устаткування. Тому дослідження закономірностей формування та методів модифікування таких покриттів є одним із напрямків, що дозволяють підвищити експлуатаційні характеристики композитів, є актуальним і перспективним на даний час [1]. Основна частина деталей механізмів і машин виготовляється із чорних сплавів. Як відомо, вироби з таких матеріалів мають схильність до корозії, що спричиняє швидке руйнування деталей. Значна кількість деталей, для яких застосовують захисні епоксикомпозитні покриття, працюють в умовах впливу підвищених температур, що є каталізатором реакції окиснення, а тому сприяє пришвидшенню процесу корозії. Тому важливим, з наукової та практичної точки зору, є дослідження стійкості захисних епоксикомпозитних покриттів до впливу підвищених температур.

Мета роботи. Дослідити вплив обробки епоксикомпозитів у процесі їх формування змінним магнітним полем на стійкість захисних епоксикомпозитних покриттів до впливу підвищених температур.

Матеріали та методика досліджень. У якості полімерної матриці вибрали епоксидний олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), а для зшивання — низькотемпературний твердник поліетиленполіамін (ТУ 6-05-241-202-78). У якості наповнювачів використали феромагнетики: ферит марки 1500НМ3, газову сажу (ГС) та коричневий шлам (КШ). Дисперсність наповнювачів становила 63 мкм.

Для дослідження впливу зовнішнього магнітного поля на фізико-механічні властивості епоксикомпозитних матеріалів, спроектовано та виготовлено пристрій для обробки полімерних композицій змінним магнітним полем [2]. Оброблення композицій здійснювали на стадії формування протягом

20...40 хв, так як експериментально виявлено, що саме у такому проміжку часу ступінь зшивання зв'язувача у зовнішніх поверхневих шарах є максимальним. Частоту змінного магнітного поля задавали звуковим генератором ГЗ-33 у межах 20 Гц - 200 кГц. Магнітну індукцію визначали по осцилографу С1-73 з каліброваною розгорткою. Індукція магнітного поля при цьому становила 675 Тл – 0,35 Тл відповідно.

Для оцінки впливу магнітного оброблення на експлуатаційні властивості епоксикомпозитних матеріалів в умовах впливу підвищених температур вибрано теплостійкість (за Мартенсом). Зразки формували та витримували протягом 36 год за нормальних умов, після чого піддавали термообробці при $T=393\pm 2$ К протягом 2 год. Далі витримували при нормальних умовах протягом 60 год, і проводили випробування на теплостійкість згідно ГОСТ 21341-75.

Результати досліджень. Для точки відліку використовували значення теплостійкості епоксидної матриці (рис. 1). Експериментально встановлено, що введення дрібнодисперсного наповнювача в олігомерну матрицю дозволяє підвищити теплофізичні властивості композиційного матеріалу на 15...18 %. Такий ефект пояснюють зміною швидкості структуроутворюючих процесів зшивання аморфних систем у процесі полімеризації у присутності наповнювача [3]. Введення наповнювача зумовлює різкий градієнт швидкості фізико-хімічних процесів як біля поверхні металевої основи так і в об'ємі матеріалу.

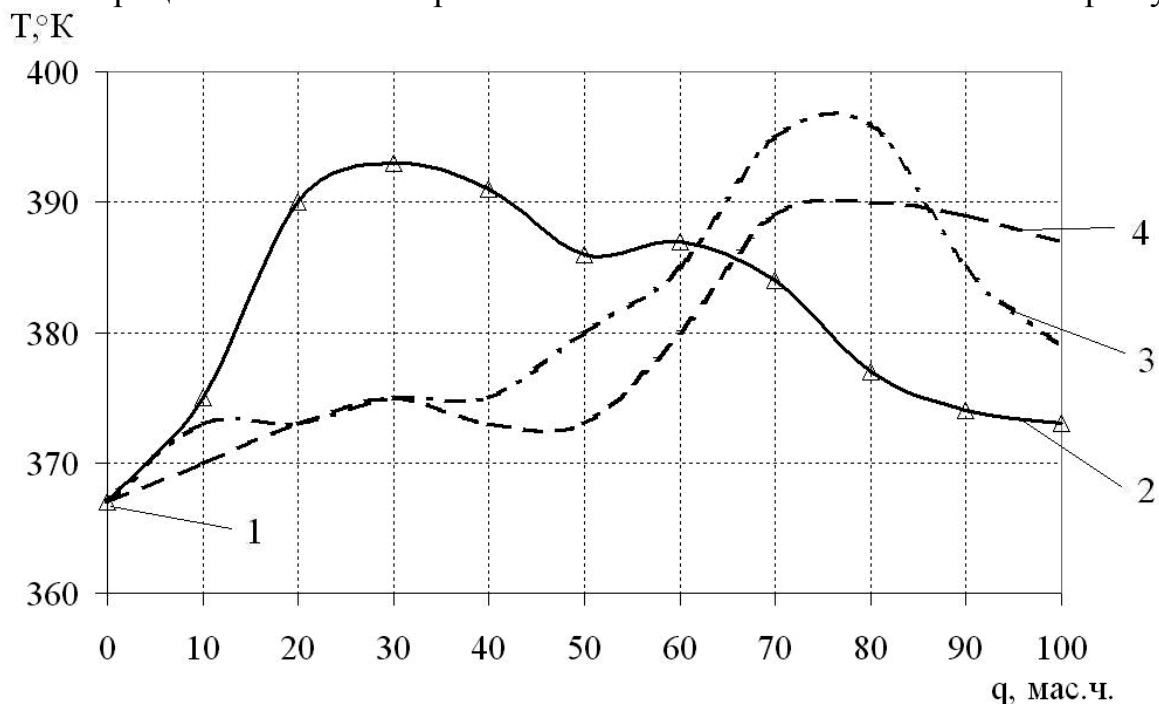


Рис. 1. Теплостійкість епоксидних композитів при різній концентрації наповнювачів: 1 – епоксидна матриця; 2 – коричневий шлам; 3 – ферит; 4 – газова сажа.

Відбувається локалізація макромолекул та надмолекулярних структур олігомера на поверхні дисперсних часток, що підвищує ступінь зшивання матриці у зовнішніх поверхневих шарах [4]. Встановлено, що незважаючи на

спільну природу наповнювачів, що є феромагнетиками, вони забезпечують різну зміну теплостійкості композиційного матеріалу. ГС забезпечує максимальне значення теплостійкості при концентрації 70...100 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомера (тут і далі по тексту концентрація наповнювача приведена у масових частках на 100 мас.ч. зв'язувача), КШ при 20...40 мас.ч., а ферит при 60...80 мас.ч. На нашу думку це можна пояснити різною питомою площею поверхні наповнювачів (табл. 1). При введенні наповнювачів з більшою питомою площею (ферит та КШ) максимальні значення теплостійкості досягаються при нижчих концентраціях наповнювача. Це можна пояснити тим, що при збільшенні питомої площі поверхні наповнювача зростає можливість утворення фізичних та хімічних зв'язків макромолекул епоксидного олігомеру з активними центрами на поверхні дисперсних часток. Подальше збільшення концентрації частинок у системі призводить до утворення дефектності структури матеріалу, що знаходиться у стані поверхневих шарів. Як наслідок, спостерігали зниження теплофізичних характеристик композиційного матеріалу. Оптичними дослідженнями встановлено, що при високій концентрації наповнювачів у матеріалі відбувається недостатня змочуваність наповнювача, що є причиною зменшення фізико-механічної взаємодії на межі «полімер - наповнювач».

Таблиця 1. Характеристики феромагнітних дисперсних наповнювачів [5]

Наповнювач	Ферит	Коричневий шлам	Газова сажа
Магнітна сприйнятність, $\times 10^{-6} \text{ см}^3/\rho^*$	+4861,2	+3658,2	+2824,3
Питома площа поверхні, $\text{м}^2/\text{г}$	15,3	16,7	14,2
Густина, $\text{г}/\text{см}^3$	4,7	1,24	1,9

Примітка: «*» – значення магнітної сприйнятності при напруженості магнітного поля – 0,1 А/м.

Доведено, що введення КШ, дає можливість покращити теплостійкість тільки при концентраціях до 40 мас.ч., а введення фериту із близькою величиною питомої площі поверхні забезпечує зростання величини теплостійкості при концентраціях до 80 мас.ч. На нашу думку, це можна пояснити зростанням нерівномірності структури композиції із феритовим наповнювачем, поскільки частинки фериту мають більшу густину (табл. 2) і є важчими за частинки КШ, а тому більша їх кількість седиментується у матеріалі до затвердіння композиції, що доведено оптичними дослідженнями.

Наступним етапом досліджували вплив обробки змінним магнітним полем в спеціально розробленому пристрої [2], на теплофізичні властивості композитного матеріалу (рис. 2). Встановлено, що при застосуванні магнітного оброблення можна покращити теплостійкість композитного матеріалу у середньому на 5...7 %, при застосуванні у якості наповнювачів ГС та КШ, і на 9 % при використанні фериту. Це можна пояснити виникненням орієнтуючого ефекту у структурі матеріалу, а саме орієнтацією макромолекул зв'язувача та частинок наповнювача вздовж силових ліній магнітного поля. У цьому ви-

падку макромолекули епоксидного зв'язувача виступають у якості доменів, і можуть взаємодіяти за рахунок фізичного поля з поверхнею частинок наповнювачів, що добре узгоджується з даними роботами [6].

$T, ^\circ K$

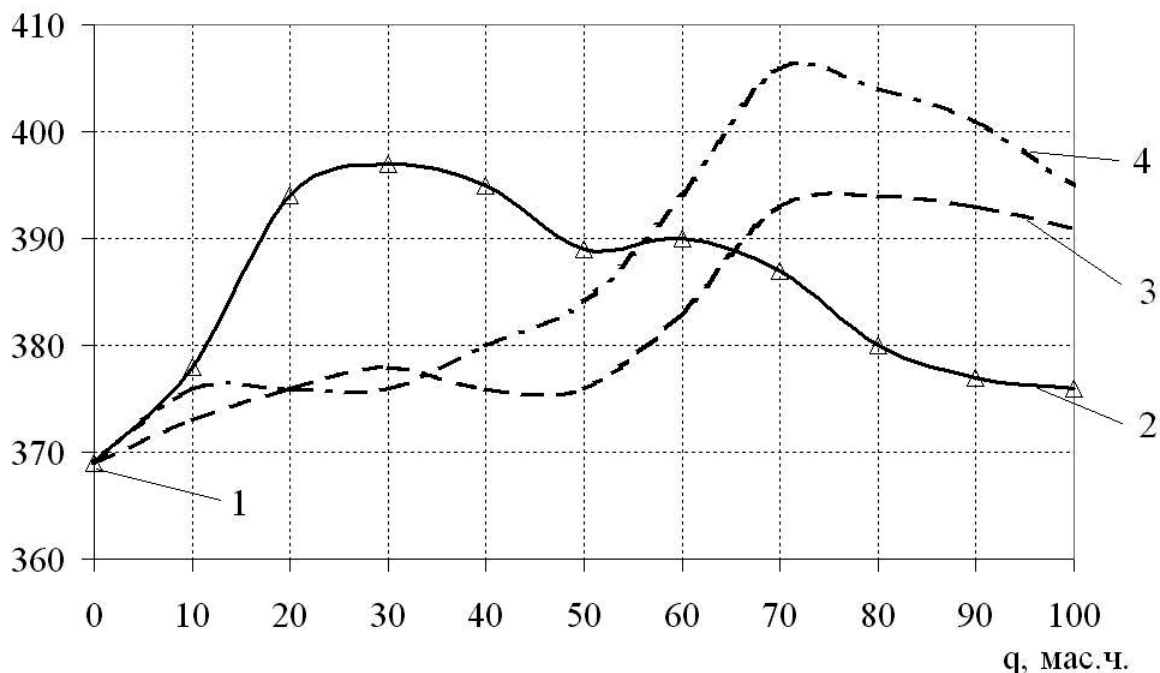


Рис. 2. Теплостійкість епоксидних композитів оброблених змінним магнітним полем за різної концентрації наповнювачів: 1 – епоксидна матриця; 2 – коричневий шлам; 3 – газова сажа; 4 – ферит.

Причому можна стверджувати, що основний ефект досягають від впорядкування частинок наповнювача, оскільки найбільший вплив магнітного оброблення спостерігали для композиції з феритовими частинками, у яких величина магнітної сприйнятності вища порівняно з ГС та КШ (табл.1). Максимальні значення теплостійкості композицій, що підлягали магнітній обробці, спостерігали практично на тих самих концентраціях наповнювача, що і для композицій сформованих без впливу зовнішнього силового поля.

Висновки. Встановлено, що оброблення змінним магнітним полем частотою 20...200 кГц епоксидних композицій дозволяє покращити їх теплофізичні характеристики, а отже підвищує надійність отриманого матеріалу, з якого формують захисні покриття. На основі експериментальних досліджень встановлено, що у подальшому для захисту поверхонь, що підлягають впливу підвищених температур доцільно використовувати епоксикомпозитні покриття, матеріал якого оброблений змінним магнітним полем, з газовою сажею ($q = 80$ мас.ч.), коричневим шлагом ($q = 30$ мас.ч.) та феритом ($q = 70$ мас.ч.).

Список використаних джерел:

1. Терхун А. Г. Комбинированные металлополимерные покрытия и материалы / А. Г. Терхун, М. И. Черновол, В. М. Типунов. — К. : Техника, 1983. — 168 с.

2. Пат. 62717 Україна, МПК В 03 В 13/04. Пристрій для обробки полімерних композицій змінним магнітним полем / Стухляк П.Д., Карташов В.В., Андрієвський В.В.; заявник та патентовласник Тернопільський нац. техн. універс. - № u 2011 01904; заявл. 18.02.2011 ; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17.
3. Сухарева Л. А. Долговечность полимерных покрытий / Сухарева Л. А. – М.: Химия, 1984. – 368 с.
4. Букетов А. В. Про синергізм впливу магнітного поля та магнітної природи наповнювача на характеристики епоксикомпозитів / А. В. Букетов // Вісник ХДТУ. – Випуск 20. – 2003. – с. 385–390.
5. Ферриты магнитотвердые. Марки и основные параметры : ГОСТ 24063-80. — [Действующий от 1985-06-20]. — М. : Государственные комитет СССР по стандартам, 1985. — 13 с. — (Государственный стандарт Союза ССР).
6. Молчанов Ю. М. Некоторые особенности структурных изменений эпоксидной смолы под воздействием магнитных полей / Ю. М. Молчанов, Ю. П. Родин, Э. Р. Кисис // Механика полимеров. — 1978. — № 4. — с. 583 - 587.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ С ЭПОКСИКОМПОЗИТОВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

д.т.н., проф. Стухляк П. Д., Карташов В. В.

Исследовано влияние обработки переменным магнитным полем на надежность защитных эпоксикомпозитных покрытий, которые подвергали воздействию повышенных температур. На основе результатов экспериментальных исследований по теплостойкости установлено температурную границу, в которой исследуемые покрытия сохраняют эксплуатационные свойства.

Abstract

THE INVESTIGATE OF THE RELIABILITY OF PROTECTIVE EPOXYCOMPOSITES COATING WHICH PROCESSED BY ALTERNATING MAGNETIC FIELD under the influence OF HIGH TEMPERATURES

PhD, prof. Stuhlyak P.D, Kartashov V.V.

The influence of an alternating magnetic field on reliability of protective epoxycomposites coating, which exposed to high temperature, are investigated. Found temperature limit, which studied coverage keep operational properties, based on the results of experimental studies of heat resistance.