

and FeTiO₅ (due to the increased oxygen level of 0.4% O) with a small amount of Fe₂Ti intermetallics.

3. Analysis of the results of mechanical tests showed that economically alloyed titanium alloy No. 1 (Ti– 2.8Al – 5.1Mo – 4.9 Fe) has higher strength indicators: temporary resistance to rupture – 1015 MPa, yield strength – 939 MPa compared to strength indicators of alloy No. 2 – 731 MPa and 713 MPa, respectively. But alloy No. 2 has excellent plasticity indicators: a relative elongation of 13.7% and an impact viscosity of KCV+20 - 39 J/cm².

4. The results obtained during the physical modeling of phase transformations in titanium alloys on the Gleeble 3800 device will allow with sufficient accuracy to construct the TCD of economically alloyed titanium alloys and to determine the transformation temperatures and the number of phases formed.

5. It was established that with increasing cooling rate, the amount of the α phase continuously decreases, the amount of the β phase initially increases, and after the α' phase begins to form, it decreases. The critical cooling rate for the investigated titanium alloy Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe is 20°C/s. The maximum amount of β -phase is formed in the range of cooling rates of 50...100°C/s, but at the same time, the amount of α -phase begins to increase, which limits the plastic properties of the economically alloyed titanium alloy Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe.

ФОРМУВАННЯ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ВПЛИВОМ ЦИКЛІЧНОЇ ОБРОБКИ У ФІЗИЧНИХ ПОЛЯХ

Кашицький В.П. ^[0000-0003-2346-912X], *к.т.н., проф.*, **Садова О.Л.** ^[0000-0002-6152-5447], *к.т.н., доц.*,
Климовець О.Б. ^[0009-0002-6889-1199], *аспірант*

Луцький національний технічний університет

Вступ. Сучасний розвиток техніки та транспортних засобів неможливий без застосування полімеркомполітичних матеріалів, які забезпечують виготовлення продукції з високою питомою міцністю, фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками. Важливе місце серед таких матеріалів займають епоксикомполіти, які застосовують для виготовлення деталей та елементів кузовів транспортних засобів, а також в якості захисних покриттів виробів.

Завдяки високій технологічності композицій на основі епоксидних олігомерів формування епоксикомполітичних виробів відбувається без застосування складної оснастки та дорогого обладнання, що сприяє швидкому налагодженню програми випуску продукції та невисокій собівартості виробів. Враховуючи високу здатність до модифікації структури епоксиолімерів, визначено оптимальний вміст наповнювачів різного гранулометричного та хімічного складу, що потребує розробки технологічного процесу формування виробів. Класична технологія формування епоксикомполітичних за допомогою твердника холодної дії передбачає застосування термічного методу структурування матриці з використанням теплової енергії, яка інтенсифікує процес утворення фізико-хімічних зв'язків та швидкий перехід системи у твердий стан. Поряд з позитивними моментами, що стосуються технології формування епоксикомполітичних виробів, існує багато невирішених задач, які пов'язані з появою мікро- та макроскопічних дефектів структури, підвищення напруженого стану системи та неоднорідного структурування епоксикомполітичного матеріалу за рахунок градієнтного розподілу та накопичення теплової енергії в об'ємі матеріалу.

Альтернативним підходом в технологічному процесі формування епоксикомпозитів є застосування енергії ультразвукового діапазону частот, віброобробки, інфрачервоного та радіаційного випромінювання, електромагнітного випромінювання надвисокочастотного діапазону, що забезпечує модифікацію структури та інтенсифікацію процесів структурування епоксикомпозитних матеріалів [1-3]. Метод структурування під впливом електромагнітного випромінювання має ряд переваг порівняно з використанням інших фізичних полів, оскільки інтенсифікація енергообміну в речовині відбувається шляхом перетворення випромінюваної енергії в кінетичну енергію коливань молекул. Це забезпечує рівномірність обробки речовини в повному об'ємі за рахунок високої стабільності енергетичного потоку внаслідок відсутності інерційності при варіюванні його потужності [4, 5], що сприяє одночасному формуванню фізико-хімічних зв'язків між компонентами епоксикомпозитної системи.

Результати досліджень. Формування композиції відбувається в результаті механічного змішування твердника з епоксидною смолою у вибраному стехіометричному співвідношенні. Сформовану композицію заливали у спеціальні форми. Попередня термічна обробка передбачає циклічне нагрівання та охолодження композицій від 5 хв до 30 хв до заданої температури. Тривалість обробки епоксидної композиції в електромагнітному полі становить 10-40 с. Для підвищення ступеня структурування епоксикомпозитних зразків застосовано ступінчастий режим основної термічної обробки: 1 год за температури 50° С, 1 год – 100° С, 4 год – 120° С.

Попередня циклічна обробка полягала у нагріванні епоксидної композиції в тепловому полі з наступним повним охолодженням до кімнатної температури або неповним охолодженням на 10-15° С з наступним нагріванням до вищої температури протягом декількох циклів.

Експериментально встановлено, що найвищі значення твердості (140-145 МПа) мають епоксиполімери, структурування яких проведено під впливом термічної обробки за умови, що кількість циклів нагрівання та охолодження дорівнює п'яти. Відповідно найнижчі значення твердості (130-135 МПа) мають епоксиполімери, що оброблені за двома циклами нагрівання та охолодження. Вищі значення твердості отримано для режимів обробки з більшою кількістю циклів нагрівання та охолодження у випадку неповного охолодження епоксидних композицій, що пов'язано з вищою рухливістю сегментів макромолекул полімерної матриці. Це забезпечує вільне переміщення активних реакційноздатних груп макромолекул епоксидної смоли та твердника в результаті, чого утворюється більша кількість хімічних зв'язків. У випадку повного охолодження відбувається фіксація стабільної структури, в якій переміщення вільних кінців макромолекул з активними радикалами є ускладненим. Відповідно кількість хімічних зв'язків, яка утворюється між кінцевими групами епоксидної складової та макромолекулами твердника є нижчою.

Проведення термічної обробки з великою кількістю циклів є технологічно складним процесом, оскільки механічні характеристики зростають в межах 5-8 %, а додаткова витримка є не вигідною через зростання енергетичних затрат та підвищення собівартості продукції.

Значення ударної в'язкості епоксиполімерів після циклічної термічної обробки становлять 3,5-3,7 Дж/м². При цьому кількість обробок відповідає 3-5 циклам з повним охолодженням системи до кімнатної температури. Підвищення даної характеристики відбувається у випадку застосування двох циклів нагрівання та неповного охолодження композиції. Неповне охолодження зберігає запас теплової енергії в системі, що забезпечує рухливість сегментів макромолекул, які за наступного циклу нагрівання здатні до вільного переміщення. Це призводить до утворення максимальної кількості фізико-хімічних зв'язків в просторовій сітці полімеру та формування структури з низьким рівнем напруженого стану.

Аналогічна ситуація чітко прослідковується у випадку обробки епоксиполімерної системи в електромагнітному полі. Встановлено, що найвищі значення механічних характеристик епоксиполімерів отримано за умови витримки композиції протягом 30 с на першому етапі з наступним охолодженням до оптимальної температури 25-30 °С. При цьому охолодження забезпечує видалення надлишкової теплової енергії, яка негативно впливає на рівномірність процесу структурування та формування однорідної полімерної сітки. Визначено, що оптимальна температура визначає мінімальну кількість теплової енергії, яка необхідна для формування однорідної структури. Застосування циклічного режиму обробки забезпечує регулювання кількості теплової енергії, яка інтенсифікує процес структурування епоксиполімерів та епоксикомпозитів.

Список літератури

1. The influence of electromagnetic field microwave on physical and mechanical characteristics of CFRP (carbon fiber reinforced polymer) structure / I. Zlobina, N. Bekrenev // Materials Engineering and Technologies for Production and Processing II: Solid State Phenomena, (Trans Tech Publications Ltd, 2016), Vol 870, pp. 101–106.
2. Buketov A.V., Saponov O.O., Brailo M.V., Aleksenko V.L. Influence of the ultrasonic treatment on the mechanical and thermal properties of epoxy nanocomposites // Materials Science. – Vol. 49, Number 5. – 2014. – P. 696-702.
3. Savchuk P., Matrunchyk D., Kashytskyi V., Sadova O., Moroz I. The influence of ultrasonic treatment on the mechanical properties of epoxy composites modified with fine powder of titanium oxide. Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference «International Trends in Science and Technology», Vol.1, February 28, 2020, Warsaw, Poland P. 13-20.
4. The structuring of tribotechnical epoxy composite materials in the electromagnetic field / P.P. Savchuk , V.P. Kashytskyi , M.D. Melnychuk , O.L. Sadova // Functional Materials. – Vol. 26, Issue 3. – 2019. – P. 621-628.
5. Preparation of crystallites for oriented poly(lactic acid) films using a casting method under a magnetic field // Hara S., Watanabe S., Takahashi K., Shimizu S. Polymers 2018, 10 (10), 1083.

ХАРАКТЕРИСТИКА, ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НІКЕЛЕВИХ СУПЕРСПЛАВІВ В ІНДУСТРІЇ

**Стречен А.С., студент, Пуць В.С., к.т.н., доц.,
Середюк М.Р. студент, Мартинюк В.Л., к.т.н., доц.,
Луцький національний технічний університет**

Нікелеві суперсплави відіграють значну роль у сучасній промисловості, особливо в таких галузях, як авіакосмічна промисловість, виробництво електроенергії та газотурбінні двигуни. Ці сплави відомі своєю винятковою міцністю, стійкістю до високих температур і стійкістю до корозії, що робить їх ідеальними для вимогливих застосувань.

В аерокосмічній промисловості нікелеві суперсплави широко використовуються у виробництві турбінних двигунів, де вони витримують екстремальні температури та навантаження. Ці сплави дозволяють двигунам ефективно працювати при високих температурах, підвищуючи паливну ефективність і продуктивність. Вони використовуються в таких компонентах, як лопатки турбін, камери згоряння та камери допалювання.

Виробництво електроенергії є ще одним сектором, який широко використовує нікелеві суперсплави. Газові турбіни, що використовуються на електростанціях, потребують матеріалів, які можуть витримувати високі температури та тиск. Нікелеві суперсплави забезпечують чудовий опір повзучості, що дозволяє газовим турбінам надійно працювати