

УДК 620.178

В.І. Ситар, А.В. Лободенко, О.П. Клименко, О.С. Кабат, А.М. Дудка

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ВИРОБІВ ІЗ ФЕНІЛОНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ВПЛИВУ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

Розроблено установку для електродугового термічного оброблення поверхневих шарів виробів з фенілону. Визначені оптимальні режими виконання термооброблення. Досліджено вплив електродугового термічного оброблення на властивості поверхневих шарів виробів із фенілону. Встановлено, що цей метод термічного оброблення сприяє покращенню триботехнічних властивостей матеріалів на основі фенілону.

Вступ

Термічне оброблення є одним із способів регулювання структури полімерів. У результаті термообробки здійснюються структурні перетворення в об'ємі полімеру в результаті чого поліпшуються механічні властивості виробів, знижуються залишкові напруження, які накопичуються в заготовках при їх виробництві, стабілізуються розміри, зменшується вміст у матеріалі летких речовин [1].

Питання про методи і режими термообробки, які гарантують певну структуру полімерів, іще повністю не вирішені. У цьому напрямі проведено ряд досліджень, і накоплений певний досвід [2–5].

Аналіз існуючих методів поверхневого об-

роблення полімерів показав великий інтерес дослідників також до розробки, удосконалення та використання високотемпературних методів обробки [6].

Термічний вплив на поверхневі шари полімерних матеріалів для поліпшення їх триботехнічних характеристик електродуговим методом є одним із перспективних напрямків. Головною задачею досліджень є розробка методики та експериментальне встановлення зміни характеристик і властивостей матеріалу в поверхневих шарах при короткочасному високотемпературному впливі.

Об'єкти та методи дослідження

У якості об'єкта для досліджень вибраний ароматичний поліамід фенілон С2, який має

високий рівень фізико-механічних, теплофізичних та триботехнічних властивостей. Однак при експлуатації в режимах тертя без змащування фенілон характеризується достатньо високими значеннями коефіцієнту тертя (0,40–0,45), що приводить до значного тепловиділення і розігріву контртіла [7]. Одночасно, також збільшуються енергозатрати при експлуатації обладнання. Виходячи з цього, поставлена задача – дослідження впливу електродугового оброблення на триботехнічні властивості ароматичного поліаміду фенілону.

Процес формування виробів із фенілону здійснювали наступним чином. Прес-форму розігрівали до 523 К і завантажували прес-матеріал, після чого підвищували температуру до 613 К і прогрівали матеріал без тиску протягом 5 хв з метою видалення залишкової вологи, яка є агентом деструкції фенілону. Потім матеріал витримували протягом 5 хв при температурі перероблення під тиском 40 МПа і по закінченню процесу пресування – охолоджували. Електродугове оброблення одержаних зразків здійснювали через 24 год після їх виготовлення.

Для електродугового оброблення розроблено установку, яка складається з електричної апаратури та пристосування, що слугує електродотримачем та двох електрод-інструментів (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної електродугової установки: 1 – пристосування для електродіскрового оброблення; 2 – трансформатор

Для електродугового оброблення використовували металеві електроди з вольфраму та вуглецеві електроди. При дуговому обробленні металевими електродами відбувалося тільки вигоряння поверхневого шару зразків. Застосування захисної атмосфери аргону не змінило характер впливу. При збільшенні відстані від дугового розряду до поверхні зразків змін стану поверхневого шару зразків теж не спостерігали. Характерну структуру зміненого поверхневого шару одержали тільки при електродуговому обробленні вуглецевими електродами, що вказує на вплив хімічного складу електродів на процеси структуроутворення в матеріалі.

Електродугове оброблення виконували за наступною методикою:

– встановлювали електроди в електродотримачі пристосування. Фіксували їх положення так, щоб при замиканні кола, точка контакту електродів знаходилась навпроти центру досліджуваного зразка. Електроди фіксувалися спеці-

альними плоскими пружинами з пружинної сталі;

– поєднували клеми трансформатора з клемми вимірювальних приладів;
– поєднували клеми вимірювальних приладів з клемми електродугової установки;
– встановлювали заготовку на спеціальному столі електродугової установки;
– вмикали трансформатор і виставляли силу струму;

Налагодження електродугової установки виконували у наступному порядку:

– експерименти виконували на пробних плоских зразках фенілону;
– здійснювали регулювання часу замикання контактів;
– експериментальним шляхом, підбирали оптимальні комбінації матеріалів електродів.

Результати дослідження та їх обговорення

З метою з'ясування оптимальної відстані заготовки до електродів та сили струму, проводили електродугове оброблення декілька разів з розташуванням зразків на відстані від 15 мм до 30 мм у діапазоні сили струму від 20 А до 60 А. При цих умовах у процесі короткотривалої електродугового оброблення на поверхні зразка створюється температура 1630–1650 К.

Після встановлення оптимальних параметрів для оброблення, здійснювали термічне оброблення контрольних зразків. Візуальний вигляд зразків після електродугового оброблення наведено на рис. 2.

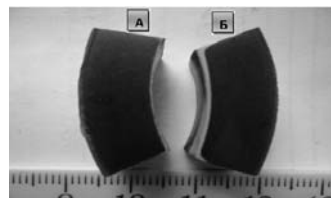


Рис. 2. Візуальний вигляд зразків після електродугового оброблення: А – слабка взаємодія (зміни на мікрорівні при відстані до електродів 26 мм і тривалості горіння дуги 0,5 с); Б – оптимальна взаємодія (при відстані до електродів 23 мм і тривалості горіння дуги 0,9 с)

На першому зразку електродуговий розряд діє меншою мірою, тому товщина шару незначна і носить нерівномірний характер. На другому зразку спостерігаємо рівномірний шар, що свідчить про оптимальний вплив електродугового розряду на досліджуваний зразок.

Таким чином встановлено, що в процесі електродугового оброблення на поверхні полімерного зразка утворюється шар матеріалу білого кольору товщиною біля 1 мм, в той час як вихідний зразок фенілону має темно-коричневий колір. У той же час відомо [8], що нагрів фенілону до температур вище 630 К супроводжується інтенсивною термічною деструкцією, в ре-

зультаті якої він обвуглюється, набуваючи чорного кольору, спінюється газоподібними продуктами деструкції і стає крихким. Цього не спостерігається при короткотривалій електродуговому обробленні фенілону, що дає підставу вважати, що цей процес не приводить до термічної деструкції, а сприяє структуруванню матеріалу.

Триботехнічні дослідження впливу електродугового оброблення на тертя і зношування зразків з фенілону виконували на машині тертя СМЦ-2 в режимі тертя без змащування та зі змащуванням при різних питомих навантаженнях і швидкості ковзання 0,1 м/с.

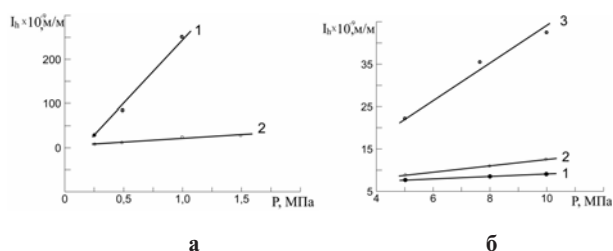


Рис. 3. Залежність інтенсивності зношування (I_w) від питомого навантаження (P) в режимі сухого тертя (а) та зі змащуванням (б): 1 – вихідний фенілон С2; 2 – фенілон, який пройшов електродугове оброблення; 3 – бронза

На рис. 3 надана залежність інтенсивності зношування від питомого навантаження в режимі тертя без змащування (а) та в режимі тертя зі змащуванням (б) відповідно. З приведених залежностей видно, що зі збільшенням питомого навантаження інтенсивність зношування зростає. Порівняння інтенсивності зношування оброблених і необроблених зразків показує, що електродугове оброблення зразків ефективно впливає на зменшення значення інтенсивності зношування в режимі тертя без змащування. Так, при найбільшому навантаженні значення інтенсивності зношування зменшується до 40 разів. Це пов'язано з тим, що при підвищених температурах фенілон здатний до окиснювання, що може привести до структуроутворення в поверхневих шарах. Дослідження антифрикційних властивостей термічно обробленого та вихідного фенілону С2 в режимі тертя зі змащуванням також підтверджують ефективність електродугового оброблення. Інтенсивність зношування термічно оброблених зразків у цих умовах зменшується порівняно з необробленими і зразками із бронзи в досліджуваному діапазоні питомих навантажень.

Також здійснені дослідження залежності зміни температури в зоні тертя від питомого навантаження в процесі тертя матеріалів (рис. 4). Порівняння температури в зоні тертя термооброблених і необроблених зразків свідчить про те, що електродугове оброблення приводить до

зменшення цього показника, що сприяє розширенню інтервалу питомих навантажень.

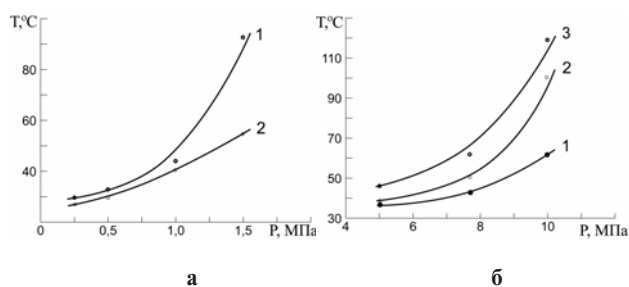


Рис. 4. Залежність зміни температури (T) від питомого навантаження (P) в режимі сухого тертя (а) та зі змащуванням (б): 1 – вихідний фенілон С2; 2 – фенілон, який пройшов електродугове термічне оброблення; 3 – бронза

Таким чином, аналіз виконаних дослідів триботехнічних властивостей показує, що електродугове термічне оброблення зразків сприяє покращенню антифрикційних властивостей матеріалів на основі фенілону.

Одночасно з антифрикційними дослідженнями матеріалів виконані вимірювання мікротвердості зразків та виконано рентгеноструктурний аналіз. Вимірювання мікротвердості показали, що електродугове оброблення приводить до зменшення твердості зразка з фенілону. Це може бути наслідком структурних перетворень на поверхні фенілону, які приводять до зміни його властивостей. Дані про дослідження впливу електродугового термічного оброблення на властивості зразків з фенілону наведені в таблиці.

Фізико-механічні характеристики зразків

Фізико-механічні характеристики	Термооброблений зразок фенілону	Зразок вихідного фенілону
Густина, кг/м^3	1064	1340
Модуль пружності, МПа	2801	2822
Міцність при розтязі, МПа	120	122
Мікротвердість, МПа	175	180

Результати рентгеноструктурного аналізу вихідного фенілону свідчать про те, що він має аморфну структуру, унаслідок наявності на дифрактограмі дифузного гало (рис. 5).

Порівнюючи результати рентгеноструктурного аналізу зразків вихідного й термообробленого фенілону С2, можна зробити висновок, що електродугове оброблення не приводить до кристалізації фенілону, тобто фазовий склад зберігається. Однак слід відмітити, що інтегральна інтенсивність дифрактограми обробленого фенілону зменшується, що є наслідком зменшен-

ня густини матеріалу та зростанням його пористості (таблиця, рис. 6). Кутове зміщення дифузного максимуму на дифрактограмі обробленого фенілону порівняно з вихідним вказує на зменшення середньої відстані між молекулами з 3,96 до 3,67 Å, тобто в результаті електродугового оброблення виникає більш компактне розміщення молекул у матеріалі. Цікавою особливістю дифрактограми обробленого фенілону є збільшення інтенсивності другого дифузного максимуму, що свідчить про більш високий ступінь упорядкованості молекул в обробленому матеріалі.

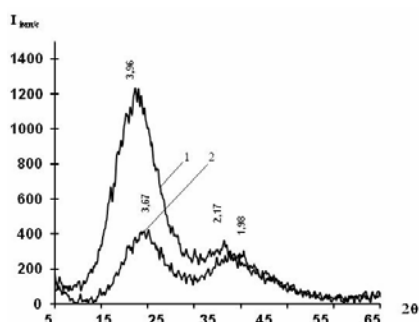


Рис. 5. Дифрактограма фенілону: 1 – вихідний фенілон; 2 – фенілон, який пройшов електродугове термічне оброблення. Випромінювання $\text{Cu-K}\alpha$

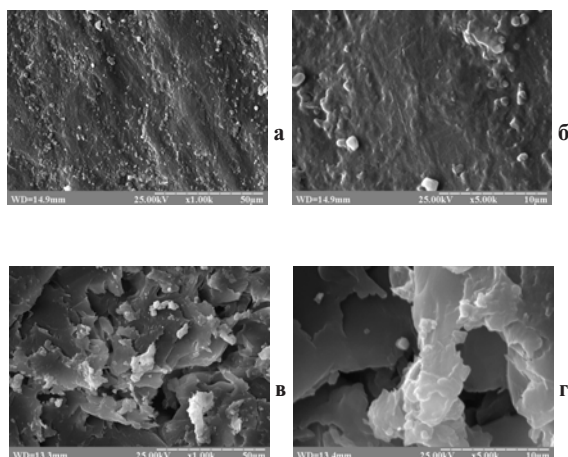


Рис. 6. Мікрофотографії фенілону: а,б – вихідний фенілон; в,г – фенілон, який пройшов електродугове термічне оброблення

Висновки

1. Розроблено установку для електродугового термічного оброблення поверхневих шарів полімерів та експериментально визначено оптимальні режими виконання термооброблення.

2. Аналіз виконання дослідів триботехнічних властивостей свідчить про те, що електродугове термічне оброблення зразків сприяє покращенню антифрикційних властивостей матеріалів на основі фенілону.

3. Виконаний рентгеноструктурний аналіз зразків вихідного фенілону і термообробленого показав, що електродугове термічне оброблення не приводить до кристалізації фенілону, тобто фазовий склад матеріалу зберігається, але виникає деяка аморфізація.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кестельман Н.Я. Термическая обработка полимерных материалов в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1968. – 268 с.
2. Андреева И.В., Моргоева И.Ю. Влияние высокой температуры на арамидные волокна // Актуальные проблемы переработки льна в современных условиях: Материалы международного научно-технической конф. – Кострома. – 2005. – С.21-24.
3. Фриндле, Н.Н. Современные тенденции развития композиционных материалов // Материаловедение и термическая обработка металлов. – 1991. – № 1. – С.40-45.
4. Kiy-Oglu V.N. Volokhina A. V., Banduryan S. I. Effect of the molecular weight of poly-para-aramids and structural changes in heat treatment on the mechanical indexes of the fibres // Fibre Chemistry. – 1999. – № 3. – P.208-214.
5. Формирование керамики-полимерного смазывающего слоя при термообработке несовместимых смесей полимеров / Сентюрихина М.И., Краснов А.Г., Плеханова Н.В. и др. // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2007. – № 5. – С.11-15.
6. Поверхностная обработка пластмасс / Под ред. Ш.Л. Лельчука. – Л.: Химия, 1972. – 184 с.
7. Ситар В.И. Влияние термообработки на свойства композиционных материалов на основе фенілона // Пластические массы. – 1987. – № 7. – С.58-59.
8. Термостойкие ароматические полиамиды / Л.Б. Соколов, В.Д. Герасимов, В.М. Савинов, В.К. Беляков. – М.: Химия, 1975. – 256 с.

Надійшла до редакції 9.10.2013