

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-475-7-7>

**RESISTANCE OF CARBON PLASTIC BASED
ON PHENYLONE C-2**

**ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕПЛАСТИКА
НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ C-2**

Chigvintseva O. P.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department of Chemistry
Dnipro State Agrarian and Economic
University
Dnipro, Ukraine*

Чигвінцева О. П.

*кандидатка технічних наук,
доцентка,
завідувачка кафедри хімії
Дніпровський державний аграрно-
економічний університет
м. Дніпро, Україна*

Rula I. V.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Chemistry
Dnipro State Agrarian and Economic
University
Dnipro, Ukraine*

Рула І. В.

*кандидатка технічних наук,
доцентка,
доцентка кафедри хімії
Дніпровський державний аграрно-
економічний університет
м. Дніпро, Україна*

Boyko Yu. V.

*Senior Lecturer at the Department
of Chemistry
Dnipro State Agrarian and Economic
University
Dnipro, Ukraine*

Бойко Ю. В.

*старша викладачка кафедри хімії
Дніпровський державний аграрно-
економічний університет
м. Дніпро, Україна*

Останнім часом для заміни кольорових металів і сплавів, що використовуються у галузі машинобудування, почали широко впроваджувати полімерні композиційні матеріали. Внаслідок високої корозійної стійкості, зносостійкості та малої густини полімерні композити є дуже перспективними конструкційними матеріалами для використання у вузлах тертя машин та механізмів. Постійне зростання навантажень, швидкостей і температури, ускладнення умов експлуатації вузлів тертя машин вимагають постійного покращення властивостей експлуатаційних характеристик пластиків.

До перспективних методів покращення властивостей полімерних в'язучих належить армування їх вуглецевими волокнами (ВВ). З метою створення нового вуглепластику (ВП) конструкційного призначення

ароматичний полі-амід фенілон С-2 армували ВВ марки углен-9 (ТУ 6-06-548-76) діаметром $7\div 9$ мкм і довжиною 3 мм у кількості 15 мас. %.

Одним із методів дослідження поведінки матеріалів при нагріванні, що характеризує термостійкість, є термогравіметричний аналіз (ТГА). Результати ТГА (табл. 1) свідчили про те, що термостійкість ВП на основі фенілону С-2 була на 13-15 градусів вища за термостійкість вихідного полімеру.

Таблиця 1

Термостійкість фенілону С-2 і углепластика на його основі

| Матеріал | Температура втрати маси, °С | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| | T ₁₀ | T ₂₀ | T ₃₀ |
| Фенілон С-2 | 412 | 480 | 540 |
| Фенілон С-5 + 15 мас. % углена | 425 | 489 | 557 |

Примітка: T₁₀, T₂₀, T₃₀ – температури, що відповідають 10, 20 і 30 % втрати маси зразків.

На кривих диференційного термогравіметричного аналізу в інтервалі температур, коли відбувається максимальна втрата маси зразка полімеру і ВП (до 150 °С) спостерігався екзотермічний пік, висота якого суттєво зростала і температура, при якій він проявлявся складала 100 °С, в той час, як для фені-лону С-2 вона становила 120 °С. Це свідчило про те, що інтенсивність проті-кання окисних процесів в структурі ВП була більш високою порівняно з вихідним полімером і ці процеси починали розвиватися для зразків ВП раніше, ніж для ароматичного поліаміду [1, с. 236–242].

Серед конструкційних матеріалів полімери мають порівняно низький коефіцієнт теплопровідності, найбільшу питому теплоємність і коефіцієнт теплової усадки, що вносить свої певні труднощі в технологію виготовлення деталей із них, тому можливість дослідження теплофізичних властивостей є дуже важливим питанням. Введення у полімерну матрицю ВВ призводить до значної зміни рухливості структурних елементів ланцюга, причому ступінь цієї зміни залежить від природи полімерного в'язучого і армуючого волокна, так і від характеру взаємодії між ними.

Порівняльний аналіз тепло-фізичних досліджень фенілону С-2 і ВП на його основі свідчив про те, що армування полімерної матриці призводить до зменшення питомої теплоємності в середньому на 10–15 % (рис. 1). Коефіцієнти тепло- і температуропровідності ВП

в усьому дослідженому інтервалі температур були в середньому на 15–18 і 24–57% відповідно вищі, ніж у вихідного полімеру.

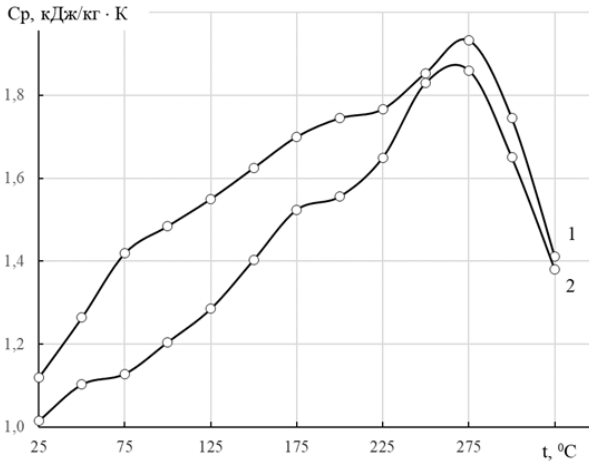


Рис. 1. Температурна залежність питомої теплоємності фенілону С-2 (крива 1) і вуглепластика на його основі (крива 2)

Крім того, армування фенілону С-2 призвело до зниження температурного коефіцієнта лінійного розширення полімеру і підвищення його температури склування (табл. 2).

Таблиця 2

Середній температурний коефіцієнт лінійного розширення ТКЛР, $\alpha \times 10^{-6}, K^{-1}$ зразків фенілону С-2 і вуглепластика на його основі

| Матеріал | Температурний інтервал, °C | | | | | |
|------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 25–125 | 25–155 | 25–185 | 25–215 | 25–245 | 25–275 |
| С-2 | 35,3 | 37,7 | 39,4 | 46,0 | 42,7 | 43,2 |
| С-2 + 15% угляна | 33,9 | 35,8 | 36,8 | 38,7 | 40,3 | 41,4 |

Примітка: температура склування фенілону С-2 складала 273 °С, вуглепластику – 285 °С

Введення у поліамідне в'язуче ВВ призвело до підвищення його міцніст-них характеристик: зокрема, межа міцності і межа текучості при стисненні для ВП зросли відповідно на 110 МПа та 51 МПа, а модуль пружності збільшився на 1515 МПа (рис. 2).

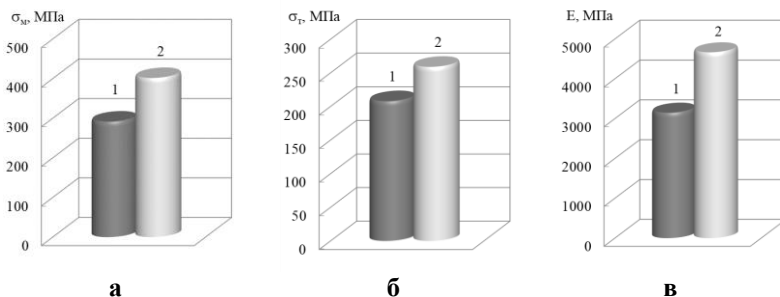


Рис. 2. Міцнісні характеристики фенілону С-2 (1) і вуглепластику на його основі (2): межа міцності (а), межа текучості при стисненні (б) і модуль пружності при стисненні (в)

Крім підвищених фізико-механічних характеристик, розроблений ВП мав гарні трибологічні властивості. Встановлено, що максимальне зниження коефіцієнта тертя (на 62–65%) спостерігалось за мінімальної швидкості ковзання ($v = 1$ м/с); в умовах тертя при швидкості ковзання $v = 1,5$ м/с коефіцієнт тертя ВП був на 34–46% нижчий, ніж у вихідного полімеру. При експлуатації зразків в умовах максимальної швидкості ковзання $v = 1,5$ м/с і навантаження $P = 0,8$ МПа фенілон С-2 втратив свою працездатність, отже, визначити його коефіцієнт тертя не вдалось. При максимальній швидкості ковзання у всьому діапазоні навантажень ($P = 0,5$ – $0,8$ МПа) зразок полімеру катастрофічно зношувався, в той час як зразок ВП стабільно працював. При цьому коефіцієнт тертя, що знаходився у межах 0,23–0,08, зменшувався з підвищенням швидкості ковзання досягаючи мінімального значення при $P = 0,8$ МПа.

Інтенсивність лінійного зношування I_h ВП була незначною і знаходилась у межах $0,038$ – $0,031 \cdot 10^{-7}$, в той час як для зразків фенілону С-2 вона зростала від 2 до $10 \cdot 10^{-7}$ при $v = 1,0$ м/с, а при швидкостях ковзання $v = 1,5$ – $2,0$ м/с матеріал втрачав свою працездатність внаслідок катастрофічного зносу [1, с. 236–242].

В результаті проведених триботехнічних досліджень було встановлено, що вироби із ВП мають критерій працездатності PV (добуток швидкості ковзання на питоме навантаження) до 1,6 МПа \cdot м/с, у той час як для фенілону С-2 він становив $PV \leq 1,0$ МПа \cdot м/с.

Таким чином, проведений комплекс досліджень свідчив про те, що армування ароматичного поліаміду фенілон С-2 ВВ углен-9 дозволило отримати новий полімерний композит з покращеними експлуатаційними характеристиками.

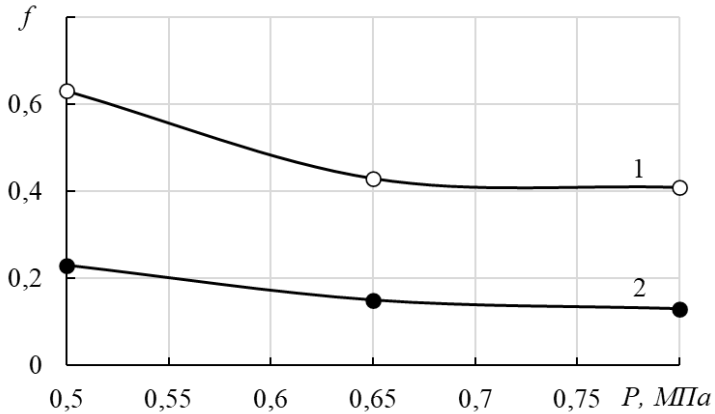


Рис. 3. Залежність коефіцієнта тертя фенілону С-2 (1) і вуглепластика (2) його основі від питомого навантаження при експлуатації в умовах сухого тертя при швидкості ковзання 1 м/с

Розроблений вуглепластик мав порівняно з полімерною матрицею більш високі термостійкість, теплофізичні і міцнісні характеристики, відрізнявся низьким коефіцієнтом тертя, гарною зносостійкістю і працездатністю, що дозволило рекомендувати його до використання як матеріал конструкційного призначення.

Література:

1. Чигвінцева О. П., Рула І. В., Токар А. В., Кравченко С. В., Петрушина Г. О. Вивчення властивостей вуглепластика на основі фенілону С-2. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. Луцьк. Випуск 64. 2018. С. 236–242.