

Висновки

1. Побудована повна схематизована діаграма граничних амплітуд для довільних циклів напружень за деформацій розтягу-стиску і згину.
2. Діаграму можна використати для виведення формул коефіцієнтів запасу, а також їх графоаналітичного визначення.
3. За деформації кручення повна схематизована діаграма – це діаграма лише з додатним середнім напруженням.

Література

1. Писаренко Г.М. Опір матеріалів, підручник / Писаренко Г.С., О.Л.Квітка, Е.С.Уманський. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.
2. Павлов В.С. До питання про визначення коефіцієнта запасу в машинобудуванні. Повідомлення 1 // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 5, технічні науки. Ч.1. – Т.1. – С.58...64.
3. Павлов В.С. Визначення коефіцієнта запасу міцності при циклічному і змішаному складних опорах, що спричиняють лінійний напружений стан. Статичні компоненти складного опору – опори додатним лінійним деформаціям // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 6. Технічні науки. – С.28...35.
4. Павлов В.С. Визначення чинників, що впливають на граничне значення критерію міцності // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 1. Технічні науки. – С.37...43.

Надійшла 21.2.2009 р.

УДК 621.891

В.П. СВИДЕРСЬКИЙ, Л.М. КИРИЧЕНКО, С.В. ШЕРШУН
Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ І МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДИФІКОВАНИХ КАРБОНПЛАСТИКІВ

Виконано аналіз способів підвищення адгезії вуглецевих волокон до полімерної матриці і вибрано з них найбільш прості і раціональні. Дослідження антифрикційних і механічних властивостей модифікованих карбонпластиків показали доцільність застосування останніх у вузлах тертя машин і механізмів.

As a result of the analysis of methods of increasing the adhesion of carbon fibers to polymer matrix, the most simple and cheapest method of chemical treatment of the surface of carbon fiber "Tekarm" by the solution of the concentrated nitric acid was selected. Besides this, the deposition of fluoroplastic coating on carbon fibers or fabrics was suggested.

It was determined that the deposition of fluoroplastic 4MB coating on the surface of "Terkam" carbon fiber resulted in 20 percent increase of wear resistance of carboplastic F4UB20. The introduction of molybdenum disulphide (10% of mass) into the fluroplastic nitric acid did not ensure the improvement of antifriction and mechanical characteristics of carboplastic 4FUB20. However, when filling the fluoroplastic 4PN with carbon fiber of "Terkam" fabric (15% of mass) and with the considerable amount of molybdenum disulphide (10% of mass), the wear resistance of such composite increased by 45%, with friction coefficient being considerable decreased ($M=0,12$).

Постановка проблеми

В наш час приділяється велика увага вивченню структури і властивостей наповнених полімерів. Основні положення в цій області розвинуті в роботах Ю.С. Ліпатова [1], В.Є. Гуля [2], В.П. Соломко [3], Ю.М. Малинського [4], О.Б. Богатина [5], В.А. Білого [6] та інших дослідників. В результаті встановлено, що наповнені полімери не можна розглядати в більшості випадків як чисто механічні суміші, оскільки в системі полімер – наповнювач відбувається певна фізична взаємодія між частинками наповнювача і полімерною матрицею.

Властивості наповненого полімерного матеріалу можна описати за допомогою моделі (рис. 1), елементами якої є дисперсне середовище – полімерне зв'язуюче або матриця, дисперсна фаза – наповнювач і міжфазна область [6].

Аналіз даної моделі і багато чисельні експерименти по руйнуванню ненаповнених композицій показують, що найслабшою ланкою в цій системі є міжфазна межа полімер – наповнювач. В зв'язку з цим однією з основних умов покращення механічних властивостей композиційних матеріалів є забезпечення високої адгезійної міцності на межі розділу фаз при мінімальних внутрішніх напруженнях. Це може бути досягнуто при доброму змочуванні зв'язуючим поверхні наповнювача і при певному співвідношенні між модулями пружності наповнювача і звязуючого.

Відомо, що поверхневе окислення вуглецевої сажі перетворює гідрофобну поверхню в гідрофільну. При цьому суттєво збільшується сила зчеплення сажі з полімерними матрицями. Це справедливо і по

відношенню до вуглецевих волокон. Тому для збільшення адгезії між волокнами і матрицею найчастіше використовують окислення поверхні волокон. Способи окислення вуглецевих волокон підрозділяють [7] на:

- газофазні і рідкофазні;
- низькотемпературні (<150°C) і високотемпературні (вище 450°C);
- що призводять до зчеплення або збільшення маси волокон;
- хімічні і електрохімічні.

Окислення в газовій фазі здійснюється в результаті нагріву вуглецевих волокон до температури $400 \div 800^\circ\text{C}$ при доступі кисню повітря, причому для зміни кінетики і механізму окислення повітря може бути збагачено киснемісткими газами CO , CO_2 , H_2O . Високомолекулярна газова обробка призводить до травлення поверхні. Ступінь травлення необхідно чітко контролювати, щоб не допустити зниження міцності волокон. Відомий також спосіб обробки при низьких температурах ($120 \div 150^\circ\text{C}$) озоновим повітрям. Можлива обробка волокон і при кімнатній температурі з допомогою збудженого плазми кисню або аміаку. Хімічна обробка здійснюється водними розчинами окислювачів типу азотної кислоти, солей хлорнуватої, хлорнуватої і двохромової кислот. Використовується також електрохімічне (анодне) окислення, особливо зручне для здійснення безперервного технологічного процесу. Підвищити адгезію волокон до полімерної матриці можна шляхом осадження більш активних форм вуглецю. Досягається це дуже ефективною, але досить дорогою віскеризацією (утворення шипів) волокон, осадження піролітичного вуглецю або прививанням полімерів, що підвищують адгезійну міцність. Завдяки окисленню з поверхні вуглецевих волокон знімається дефектний погано зв'язаний шар вуглецю товщиною $15 \div 50$ нм. Крім того при окисленні утворюється хемосорбційні киснемісткі вуглецеві групи, що здатні реагувати з молекулами зв'язуючих. Збільшення концентрації кисневих груп на поверхні волокон, що отримане шляхом окислювальної обробки, є необхідною умовою доброго змочування.

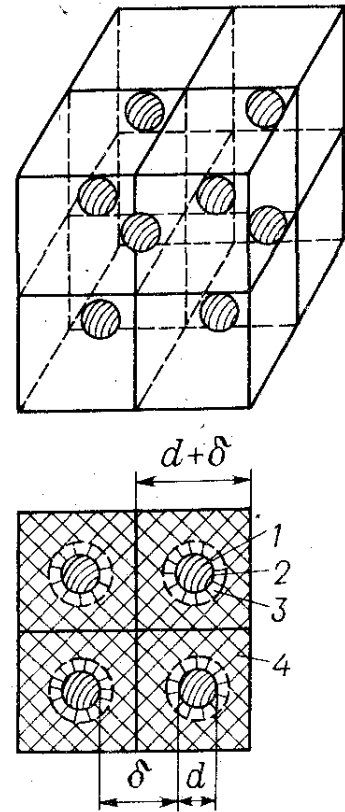


Рис. 1. Модель наповненої полімерної композиції: 1 – наповнювач, 2 – міжфазна межа, 3 – межовий шар, 4 – полімерна матриця, δ – товщина полімерного прошарку, d – розмір частинок наповнювача

Мета досліджень

На основі аналізу способів підвищення адгезії вуглецевих волокон до полімерної матриці доцільно застосувати хімічну обробку поверхні вуглецевої тканини розчином концентрованої азотної кислоти або нанести на поверхню вуглецевої тканини фторопластове покриття.

Основний розділ

Для підвищення адгезії вуглецевого волокна до полімерної матриці нами вибрано найбільш простий і дешевший спосіб хімічної обробки поверхні вуглецевої тканини «Текарм» розчином концентрованої азотної кислоти протягом десяти хвилин з наступною промивкою дистильованою водою і сушкою при температурі 150°C протягом однієї години.

Полімерна композиція незалежно від складу повинна бути однорідною і стабільною при зберіганні і використанні. Кращі результати при змішуванні отримують тоді, коли компоненти знаходяться в рідкому або в'язкотекучому стані. Однак стабільні композиції можуть бути отримані з високодисперсних порошків і при так званому сухому змішуванні.

Для сухого приготування композицій застосовують різного роду змішувачі як періодичної так і безперервної дії, однак найкращі результати отримують при використанні кулькових, вібраційних млиноків і особливо млинка МРП-1 з плоскими донними ножами. Лабораторні варіанти цих млиноків мають параметри: діаметр ножів 0.205 і 0.345 метра, частота обертання 120 c^{-1} , максимальна лінійна швидкість 78 і 130 м/с відповідно для модифікацій МРП-1 і МРП-1М.

Для приготування композицій різали ножицями тканину «Текарм» на дрібні кусочки, потім подрібнювали за допомогою млинка МРП – 1М протягом 8-12 хвилин і готували композиції матеріалу Ф4УВ20 (табл. 1).

Наступна операція пресування зразків в вигляді циліндриків діаметром 10мм і висотою 15мм кожної композиції за допомогою ручного преса та спеціальної пресформи.

Термообробку, виготовлених зразків матеріалу Ф4УВ20, виконували за стандартною технологією.

Крім того нанесення на вуглецеві волокна або тканини фторопластового покриття підвищує їх зносостійкість в десятки разів [8]. Одночасно при цьому збільшується міцність, модуль пружності, термостійкість і хімістійкість. Нанесення на вуглецеві волокнисті матеріали фторопластового покриття призводить до підвищення втомної міцності в десятки тисяч разів.

Тому для покращення антифрикційних і фізико– механічних властивостей карбопластиків Ф4УВ20 відпрацьовували технологію нанесення фторопластового покриття (фторопласт – 4МБ) на поверхню вуглецевої тканини «Текарм» з наступним введенням її до складу композиційного матеріалу.

Розроблена технологія попередньої підготовки поверхні для нанесення фторопластового покриття, що включає в себе знежирення. Завершальними операціями підготовки поверхні є промивка з наступною сушкою.

Встановлено, що для підвищення адгезії фторопластового покриття до поверхні необхідно створювати ґрунтовочний шар, а зовнішній шар фторопластового покриття повинен містити стабілізатор: дисульфід молібдену або оксид кадмію в кількості від 1 до 2 мас. %.

Відпрацьована технологія нанесення фторопластового покриття електроосадженням. При нанесенні ґрунтовочного шару напруженість електростатичного поля повинна складати $E=50$ кВ, а наступних шарів – $E=60\div70$ кВ [9].

Антифрикційні дослідження виконувались на машині тертя ХТІ-72 [10]. Схема контакту – «сфера – площина». Режим змінних граничних питомих навантажень при постійному нормальному навантаженні, зразки висотою $(10\pm 0,1)$ мм і діаметром $(10\pm 0,1)$ мм з кінцевою сферою радіусу 6,35 міліметра контактували сферою по площині металевого контртіла діаметром $(60\pm 0,15)$ мм і висотою $(10\pm 0,15)$ мм; металеве контр тіло було виготовлено із сталі 45 (НВ $4,5\pm 0,18$ ГПа) і оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra_0 = 0,2\pm 0,03$ мкм.

В цій схемі випробувань можна виділити дві характерні області:

а) область нелінійної залежності зношування від шляху тертя, коли питома навантаження змінюється від навантаження, близького до твердості НВ матеріалу, до навантаження, яке відповідає граничній навантажувальній здатності; позначення: шлях тертя S_1 , інтенсивність зношування I_1 .

б) область лінійної залежності зношування від шляху тертя, коли граничне питома навантаження в меншій степені знижується, ніж в першій області; позначення: шлях тертя S_2 , інтенсивність зношування I_2 .

Нормальне навантаження на один зразок дорівнювало $N_i = 100$ Н, швидкість ковзання $v = 0.3$ м/с, температура, заміряна на відстані 0,5 – 1 мм від поверхні контртіла, $T = (323 \pm 2)K$ при випробуванні без мащення. Випробування проводилося на шляху тертя $S_1 = 0\div 3$ км, $S_2 = 3\div 20$ км. Результати виконаних досліджень приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Зносостійкість модифікованих карбопластиків

Склад композиційного матеріалу, мас. %	Перший етап $S_1=3$ км, $I_{SN} \cdot 10^{-6}, \frac{мм^3}{H \cdot м}$	Другий етап $S_2 = 20$ км, $I_{SN} \cdot 10^{-6}, \frac{мм^3}{H \cdot м}$
Фторопласт – 4ПН – 80 % вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ (температура термообробки – 345^0C)	1,265	0,71
Фторопласт – 4Т – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 5 %, вуглецеве волокно тканини «Урал Т – 15» – 15 %	1,81*	0,853*
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ (температура термообробки – 370^0C)	4,23	2,2
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, оброблене HNO_3 з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ	15,9	5,45
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ + 10 % MoS_2	25,1	3,1
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, оброблене HNO_3 з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ + 10 % MoS_2	38,3	5,98
Фторопласт – 4ПН – 75 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 15 %, MoS_2 – 10 %.	6,7**	0,25**

* – шлях тертя $S_2 = 13$ км;

** – $T = 373K$, $v = 0.8$ м/с.

Механічні дослідження зразків матеріалів Ф4УВ20 проводились за ГОСТ 4651-82 СТ. Перед дослідженням зразки кондиціонували за ГОСТ 12423-66 не менше 16 годин при температурі $(23\pm 2)^0C$ і відносній вологості (50 ± 5) %. Висоту, ширину, діаметр зразка вимірювали з похибкою не більше 0,01 міліметра і не менше

ніж в чотирьох місцях. По мінімальних значеннях вираховували поперечний переріз зразка.

Досліди проводили в умовах кондиціонування за ГОСТ 12423-66 при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносній вологості $(50 \pm 5)\%$. Встановлювали зразок між опорними площадками так, щоб вертикальна вісь зразка збігалась з напрямком дії навантаження. Регулювали машину до здійснення зіткнення опорних площадок. Після цього встановлювали вибрану швидкість зближення опорних площадок.

Міцність при стиску (σ) в МПа обчислювали за формулою:

$$\sigma = N / F; \quad (1)$$

де N – нормальне навантаження, Н; F – поперечний переріз зразка, м^2
Результати механічних досліджень приведені в таблиці 2

В дослідженнях виконаних в роботі [11] встановлено, що найбільшу зносостійкість має композиція Ф4УВ20 наповнена вуглецевим волокном тканини «Текарм» – 5 мас. % і вуглецевим волокном тканини «Урал Т-15» – 15 мас. %. Цей матеріал за зносостійкістю переважає матеріал наповнений 20 мас. % вуглецевого волокна тканини «Текарм» на 25 %. Крім того встановлено, що для приготування карбопластиків Ф4УВ20 доцільно застосовувати фторопласт – 4Т.

Таблиця 2

Міцність при стиску модифікованих карбопластиків

Склад композиційного матеріалу, мас. %	Міцність при стиску (σ), МПа		
	σ_1 , при 5 % деформування	σ_2 , при 15 % деформування	σ_3 , при 25 % деформування
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ (температура термообробки -345°C)	15,92	31,75	50
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ (температура термообробки -370°C)	14,74	35,56	55,58
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, оброблене HNO_3 з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ.	15,6	35,15	52,12
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ + 10 мас. % MoS_2	14,64	34,49	50,33
Фторопласт – 4ПН – 80 %, вуглецеве волокно тканини «Текарм» – 20 %, оброблене HNO_3 з нанесеним покриттям фторопласту 4МБ + 10 мас. % MoS_2 .	15,7	33,71	48,55

Нанесення фторопластового покриття (фторопласт– 4МБ, температура термообробки -345°C) на поверхню вуглецевої тканини «Текарм» привело до підвищення зносостійкості композиції Ф4УВ20 на 20 %. Однак підвищення температури обробки покриття фторопласту – 4МБ до 370°C на поверхні тканини «Текарм» не привело до покращення антифрикційних характеристик карбопластика Ф4УВ20

($I_{SN} = 2,2 \cdot 10^{-6}, \frac{\text{мм}^3}{\text{Н} \cdot \text{м}}$) (табл. 1), але міцність при стиску (при 25 % деформування) зросла на 12 % (табл. 2). Активування поверхні вуглецевого волокна тканини «Текарм» концентрованою азотною кислотою з подальшим нанесенням покриття фторопласту – 4МБ не привело до покращення антифрикційних і механічних характеристик карбопластиків Ф4УВ20. Не виявлено суттєвий ефект поліпшення антифрикційних властивостей і при введенні до складу покриття фторопласту – 4МБ 10 мас. % MoS_2 .

Однак при наповненні фторопласту – 4ПН (75 мас. %) вуглецевим волокном тканини «Текарм» (15 мас. %) і MoS_2 (10 мас. %) зносостійкість такого карбопластика зросла в значній мірі ($I_{SN} = 0,25 \cdot 10^{-6}, \frac{\text{мм}^3}{\text{Н} \cdot \text{м}}$). Дана композиція за зносостійкістю переважає матеріал Ф4УВ20 на 45 % і при цьому значно знижується коефіцієнт тертя ($\mu = 0.12$). В той час як коефіцієнт тертя матеріалу Ф4УВ20 при цих же умовах складає $\mu = 0.22$.

Висновки

1. Нанесення покриття фторопласту – 4МБ (температура термообробки – 345°C) на поверхню вуглецевої тканини «Текарм» привело до підвищення зносостійкості карбопластика Ф4УВ20 на 20 %.

2. Підвищення температури термообробки покриття фторопласту – 4МБ з 345⁰С до 370⁰С на поверхні вуглецевої тканини «Текарм» не дало можливості покращити антифрикційні характеристики матеріалу Ф4УВ20. Однак міцність при стиску при цьому дещо зросла (на 12 %).

3. Введення до складу покриття фторопласту – 4МБ дисульфиду молібдену – (10 мас. %) і попередня обробка вуглецевої тканини «Текарм» концентрованою HNO₃ не забезпечила покращення антифрикційних і механічних характеристик карбопластиків Ф4УВ20. Однак при наповненні фторопласту – 4ПН вуглецевим волокном тканини «Текарм» (15 мас. %) і значно більшою кількістю дисульфиду молібдену (MoS₂) (10 мас. %) зносостійкість такого композита зросла на 45 % і при цьому значно знизився коефіцієнт тертя ($\mu = 0.12$), в той час як коефіцієнт тертя матеріалу Ф4УВ20 при цих же умовах складає $\mu = 0.22$.

Література

1. Липатов Ю.С. Физико-химия наполненных полимеров. – К.: Наукова думка, 1977. – 370 с.
2. Гуль В.Е. Структура и прочность полимеров. – М.: Химия, 1971. – 344 с.
3. Соломко В.П. Модификация структуры и свойств полимеров наполнителями и модельные представления о наполненных полимерах: Автореф. докт. дис.... Киев, 1971. 55 с.
4. Малинский Ю.М. Исследование в области физико-химии гетерогенных полимерных систем. Автореф. докт. дис. – М., 1970. – 46 с.
5. Богатин О.Б., Морозов В.А., Черский И.Н. Основы расчета полимерных узлов трения. – Новосибирск: Наука, 1983, 213 с.
6. Металлополимерные материалы и изделия / Под ред. В.А.Белого. – М.: Химия, 1979, 312 с.
7. Dr. I.L.Kalnin, Research Associate, De. 13, Celanese Research Company, 86 Morris Avenue, Summit, N.J. 07901/USA; Dr. H. Jager, Institute fur Chemische Technik, Universitat Karlsruhe, Kaiserstr. 12, 7500 Karlsruhe/FR6.
8. Графитированная ткань / В.Г.Морозов, Н.М.Черненко, А.Т.Каверов, Г.А.Сиренко. В кн.: Применение синтетических материалов. – Кишинев: Картя Молдовенескэ, 1975. – С. 56-60.
9. Свідерський В.П., Кириченко Л.М., Глушак Г.С. Технологія нанесення електроосадженням багатшарових плітетрафторетиленових (фторопластових) покриттів на металеву поверхню // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2006. – № 5 – с. 80-84.
10. Гриневич Р.В., Цасюк В.В., Смирнов А.С. Специализированные машины трения // Применение синтетических материалов. Кишинев: Картя Молдовенескэ, 1975. – С. 33-36.
11. Свідерський В.П., Кириченко Л.М., Монтач О.Ю. Вплив вуглецевих волокон та різних марок фторопласта-4 на антифрикційні і механічні характеристики карбопластиків // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2007. – № 6 – с. 80-84.

Надійшла 8.2.2009 р.

УДК 687

О.П. ТЕРЕЩЕНКО, К.В. ЛІСТВІН
Хмельницький національний університет

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ КРУТНИХ КОЛИВАНЬ КОРПУСА ШВЕЙНИХ МАШИН

Розглянуто питання зменшення крутних коливань корпусу швейних машин. В результаті дослідження одержана центральна вісь системи сил, відносно якої визначається найменший головний момент системи сил всіх механізмів.

The decrease of rotary oscillation of sewing machines body is investigated. As the result of research the central axis of the system forces is obtained concerning which the least main moment of system forces of all mechanisms is observed.

Постановка проблеми

Швейне обладнання широко застосовується в різних галузях легкої промисловості: швейної, взуттєвої, трикотажної й інших. Робота швейних машин на високих швидкісних режимах супроводжується значними механічними коливаннями. Розгляд динамічних і математичних моделей дає можливість виявити й методично правильно підійти до аналітичного опису резонансних станів машини, досліджувати питання динамічної стійкості головки машини у просторі.

Механізми швейних машин є збурювачами коливань корпусу і всіх їх складових частин, що негативно впливає на оператора машини. В роботі розглянуто деякі шляхи зменшення крутних коливань корпусу швейних машин.

Мета

Метою даної роботи є аналітичне визначення положення центра ваги швейної машини відносно