

*Всеукраїнська науково-практична конференція «Обладнання і технології сучасного машинобудування»
присвячена пам'яті професора Назорняка Степана Григоровича*

УДК 666.96...123(124):691.175.5/8-036.6

**В.Л. Алексенко¹; С.О. Сметанкін¹; Д.О. Зінченко¹; В.М. Яцюк², канд. хім. наук;
О.В. Акімов¹ канд.техн. наук, доц.; П.Є. Тарасов³**

¹Херсонська державна морська академія

²Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр при УМВС України

³ТОВ «ПРОВІТЕРМ-ЗАПОРІЖЖЯ»

КВАРЦОВІ НАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ ПОЛІМЕРНИХ ВІНІЛЕФІРНИХ КОМПОЗИТІВ

V. Aleksenko; S. Smetankin; D. Zinchenko; V. Yatsyuk, PhD;

O. Akimov, PhD, Assoc. Prof.; P. Tarasov

QUARTZ FILLERS FOR POLYMER INYLESTER COMPOSITES

Одним з найбільш ефективних способів регулювання експлуатаційних властивостей композитів з полімерною матрицею в широкому діапазоні фізико-механічних, триботехнічних, теплофізичних, електротехнічних, реологічних та інших характеристик композитного виробу, є наповнення їх дисперсними частками різної природи: мінеральними, органічними, керамічними, металевими та іншими добавками, з підібраним для кожного конкретного випадку, гранулометричним складом та об'ємним співвідношенням фракцій.

При виборі того чи іншого виду дисперсного наповнювача необхідне дотримання умов, а саме:

- наповнювач повинен поєднуватися з полімерною матрицею або диспергувати в ній з утворенням однорідної композиції;
- поверхня часток повинна добре змочуватися зв'язувачем (матрицею) композиту;
- дисперсний наповнювач не повинен мати схильності до агломерації часток;
- різні фракції часток повинні мати однорідний склад, як за видом матеріалу, так і за гранулометриєю, передбаченою нормативною документацією;
- дисперсний наповнювач повинен мати стабільні властивості при зберіганні, переробці та експлуатації композитного виробу;
- наповнювачі не повинні розчинятися в матриці, виділяти летючі (в тому числі – токсичні) продукти і розкладатися за температури переробки і експлуатації композитного виробу;
- дисперсні наповнювачі повинні мати хімічну і термічну (в особливих випадках – біологічну, радіаційну та ін.) стійкість, а також схильність до зміни несанкціонованого забарвлення композиту;
- бажана низька вартість і доступність дисперсних наповнювачів в умовах як дрібносерійного, так і масового виробництва.

Дисперсні наповнювачі є порошками мінералів, що мають вищі значення меж міцності та модулів пружності, ніж зв'язувач. На властивості полімеркомпозитних матеріалів (ПКМ) впливають якісні показники самого наповнювача (міцність, зносостійкість, розмір і форма часток) і характер його взаємодії із зв'язувачем.

На поверхні частки при зшиванні матеріалів утворюється примежовий шар зв'язувача, який можна розглядати як окрему фазу. Характеристики міжфазного примежового шару забезпечують підсилюючий ефект наповнювача. Підвищення конструкційних властивостей композиту залежить від співвідношення

$$\alpha = A_{\text{ч}} / V_{\text{ч}},$$

де $A_{\text{ч}}$ – площа поверхні; $V_{\text{ч}}$ – об'єм частки.

Значення співвідношення α визначає підсилюючий ефект наповнювача за рахунок поліпшення його «сумісності та граничної адгезії з хімічно неспорідненою полімерною матрицею». З даного положення можна зробити висновок про безумовне підвищення показників міцності композиту із зменшенням зернистості часток наповнювача.

Однак, практика показала, що у випадку використання дрібнодисперсних наповнювачів – конструкційні вимоги вступають в протиріччя з вимогами технологічними.

По-перше, зі зменшенням середньої зернистості порошку підвищується в'язкість композиції «зв'язувач-наповнювач». Спроби підвищити у композиції об'ємний вміст наповнювача з розміром $d < 10$ мкм спричиняють труднощі приготування суміші і наступною появою дислокацій у композитах.

По-друге, в порошках з середньою зернистістю ($10^{-1} \dots 10^{-3}$ мкм) проявляються сили молекулярного притягання між частками. Частки «злипаються», що перешкоджає змочуванню їх зв'язувачем.

Зазначені фактори зумовлюють ускладнення технології приготування ПКМ, неприпустимі для промислових композитів.

При дослідженні експериментально перевіряли значущість впливу зміцнюючого наповнювача на властивості промислових композитів, шляхом визначення меж міцності при згинанні $\sigma_{зг}$ згідно ГОСТ 4648 і при розтягу σ_p згідно ГОСТ 11262, модуля пружності при згинанні E згідно ГОСТ 9550.

З мінеральних наповнювачів, як об'єкт дослідження, був обраний кварц. Вибір зумовлений такими фізико-хімічними властивостями кварцу, як: високі показники міцності; твердість у межах 7 одиниць за шкалою Мооса і, отже, висока абразивна стійкість; хімічна інертність до більшості агресивних рідин; добра адгезія до зв'язувача.

Зразки кварцового порошку надані ТОВ «Оріхівський піщаний кар'єр» (Україна, Запорізька обл., м. Оріхів). Кварц хімічно чистий, колотий, частки ромбовидної форми. Середня зернистість порошоків складає ряд: 0,010; 0,025; 0,065; 0,085; 0,100; 0,300; 1,0; 2,0 та 3,0 мм.

Дослідження проводили на виробничо-експериментальній базі ТОВ «ПРОВІТЕРМ-ЗАПОРІЖЖЯ» (м. Запоріжжя) та у науково-дослідній лабораторії «Полімерні композитні матеріали у суднобудуванні» при Херсонській державній морській академії. Виконано експериментальне дослідження композитів на основі суміші вінілефірної смоли з кварцовим порошком. Вивчали вплив на міцність і жорсткість композитів двох факторів – середньої зернистості і об'ємного вмісту наповнювача.

При обробці результатів взято до уваги, що реальні механічні характеристики зв'язувача варіюються в широкому діапазоні. Для підвищення коректності висновків обчислювали не абсолютні, а відносні величини: $\sigma_{зг} / \sigma_{зг0}$; σ_p / σ_{p0} ; E / E_0 ; где $\sigma_{и0}$, σ_{p0} , E_0 – межа міцності на згин, межа міцності на розтяг і модуль пружності при згині матриці без наповнювача (базові значення параметрів).

Завданням першої серії дослідів було виявлення впливу середньої зернистості наповнювача при фіксованій об'ємній долі, яка була прийнята рівною 10 %, на межу міцності і модуль пружності при згині.

Найвищі показники міцності і жорсткості демонструє наповнювач зі значеннями середньої зернистості 25 і 65 мкм. Зі збільшенням зернистості часток понад 100 мкм спостерігали зниження межі міцності. Модуль пружності також знижується, однак навіть для зернистості 2 мм він залишається в 1,15 рази вище базового.

Друга серія дослідів була присвячена виявленню впливу незначних змін об'ємного вмісту кварцу, причому контролювали межу міцності не тільки на згин, а й

на розтяг. Результати досліджень першої серії враховані при виборі зернистості наповнювача, яка дорівнювала 25 мкм.

Межа міцності і модуль пружності при згині підвищуються зі збільшенням об'ємного вмісту часток, а межа міцності на розтягнення спочатку знижується, а потім знову зростає.

Було зроблено припущення про те, що σ_r не суттєво залежить від зміни об'ємного вмісту кварцу, і наступні випробування це підтвердили. Надалі випробування зразків проводили тільки при згинанні.

Дуже цікавими і важливими є результати дослідження впливу часток кварцу значної зернистості на міцність і жорсткість композитів.

Найкращими показниками відзначається композит, що містить 30 % кварцового порошку з розміром 100 мкм. Його міцність при згинанні в 1,3 рази, а модуль пружності в 1,4 рази є вищими від базових значень. Підвищеною міцністю відзначаються також композити з високим вмістом наповнювача (50 %) з розміром 25 і 100 мкм. Введення в композит наповнювача з розміром 10 мкм призвело до різкого зниження міцності. Найбільший модуль пружності (майже в три рази вище базового) встановлено для композиту, наповненого частками кварцу з наповнювачем зернистістю 25 мкм за вмісту 50%.

Висновки

– Наповнювачі, у вигляді кварцу різного гранулометричного складу та об'ємного вмісту в полімерній матриці, істотно впливають на показники міцності ПКМ.

– Експериментально встановлено, що при об'ємному вмісті кварцового наповнювача 10 % найвищу межу міцності і жорсткості (до 1,3 від базового рівня) досягають введенням у зв'язувач фракцій з розмірами часток 25...65 мкм; властивості самого зв'язувача (в'язкість, питома вага, характеристики затвердіння) практично не змінилися, що може бути враховано при модифікації вінілефірних смол.

– Межа міцності і модуль пружності ПКМ на розтяг і згин не суттєво залежать від об'ємної частки кварцового наповнювача;

– При об'ємному вмісті наповнювача 30 % найвищі значення межі міцності при згині (1,3 від базового) і модуля пружності (1,4 від базового) досягнуто для композиту, наповненого частками із фракцією 100 мкм. При об'ємному вмісті наповнювача 50 % високі характеристики міцності ПКМ досягнуті з фракціями 25...100 мкм.

– Застосування наповнювача з фракцією 10 мкм знижує міцнісні характеристики ПКМ, однак при цьому досягається ефект отримання тиксотропного зв'язувача, що розширює технологічні можливості виготовлення виробів.