

УДК 667.64.678.026

¹І.Г. Добротвор, докт. техн. наук, ²Д.П. Стухляк

¹Тернопільський національний економічний університет, Україна

²Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ГРАФІЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ХАРАКТЕРИСТИК ЗШИВАННЯ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ З ВОЛОКНИСТИМ НАПОВНЮВАЧЕМ

I.G. Dobrotvor Dr., D.P. Stukhlyak

GRAPHIC MODEL OF DYNAMICS CHARACTERISTICS STITCHING EPOXY COMPOSITES WITH A FIBROUS FILLER

Одним із головних завдань при формуванні композитних матеріалів (КМ) є забезпечення оптимальних умов фізико-хімічної взаємодії на межі поділу фаз “олігомер-наповнювач”. Важливим етапом вирішення даної проблеми є розробка методик отримання інформації про міжфазову взаємодію макромолекул зв’язувача з активними центрами на поверхні мінерального наповнювача на стадії формування матеріалу. Важливим є дослідження впливу такої взаємодії на властивості КМ при їх експлуатації. Найголовнішим у даному напрямку досліджень є вивчення процесів утворення перехідної зони між наповнювачем та зв’язувачем, властивості матеріалу якої відрізняються від властивостей матриці. У цьому плані першочерговим є визначення динаміки їх формування при структуроутворенні матеріалу на межі поділу фаз “наповнювач – зв’язувач”. Дослідження параметрів таких зон – зовнішніх поверхневих шарів (ЗПШ) дозволить направлено регулювати характеристики матеріалу при його формуванні.

Тому дослідження динаміки процесів формування, зміни структурних характеристик і геометричних розмірів ЗПШ при структуроутворенні матеріалу, а також створення методів їх прогнозованого регулювання є актуальною задачею сучасного матеріалознавства, що дозволить створити КМ та покриття на їх основі з наперед заданими характеристиками.

Як армуючий волокнистий наповнювач використали скляні та базальтові безперервні волокна з діаметром 9-12мкм. Формували полімерну композицію з таким співвідношенням компонентів:

епоксидно-діановий олігомер марки ЕД-20 – 100 мас.ч.;

твердник - поліетиленполіамін (ПЕПА) – 12 мас.ч., який дозволяє отверджувати композити при кімнатній температурі, що доцільно при нанесенні покриттів на довговимірні поверхні складного профілю технологічного устаткування, механізмів та машин.

Метод вільнозгасних коливань використовували при дослідженнях на приладі, який працює за методом ТВА (TorsionalBraidAnalysis). Це дає можливість вимірювати значення дійсної і уявної частин динамічного модуля пружності, а також тангенс кута механічних втрат $\tan\delta$ рухомої системи “торсіон – інерційна маса” і дозволяє за зміною тангенса кута механічних втрат $\tan\delta$ визначити параметри процесу зшивання полімерної матриці у КМ.

Зміни геометричних параметрів зовнішніх поверхневих шарів від тривалості зшивання КМ, розраховані на різних стадіях зшивання епоксикомпозитів, дають можливість прогнозу фізико-механічних характеристик матеріалу, зокрема модуля зсуву. Також це дало змогу отримати графічну залежність приросту протяжності ЗПШ $D(t) = D(g(t))$ та сумарної товщини ЗПШ $s(t)$ (рис.) від часу тверднення композиту із різними наповнювачами. Вказана операція дала змогу поширити відому область зміни

товщини шарів (3-5,5 год.) на більш ранні стадії формування епоксидного композиту (1,3 – 3 год.) для різних наповнень КМ. Відмітимо, що отримані апроксимації підтверджують результати попередніх досліджень на відомих часових проміжках (3-5,5 год.) тверднення композитів із волокнистим наповнювачем включно із існуванням часових проміжків зменшення товщини ЗПШ.

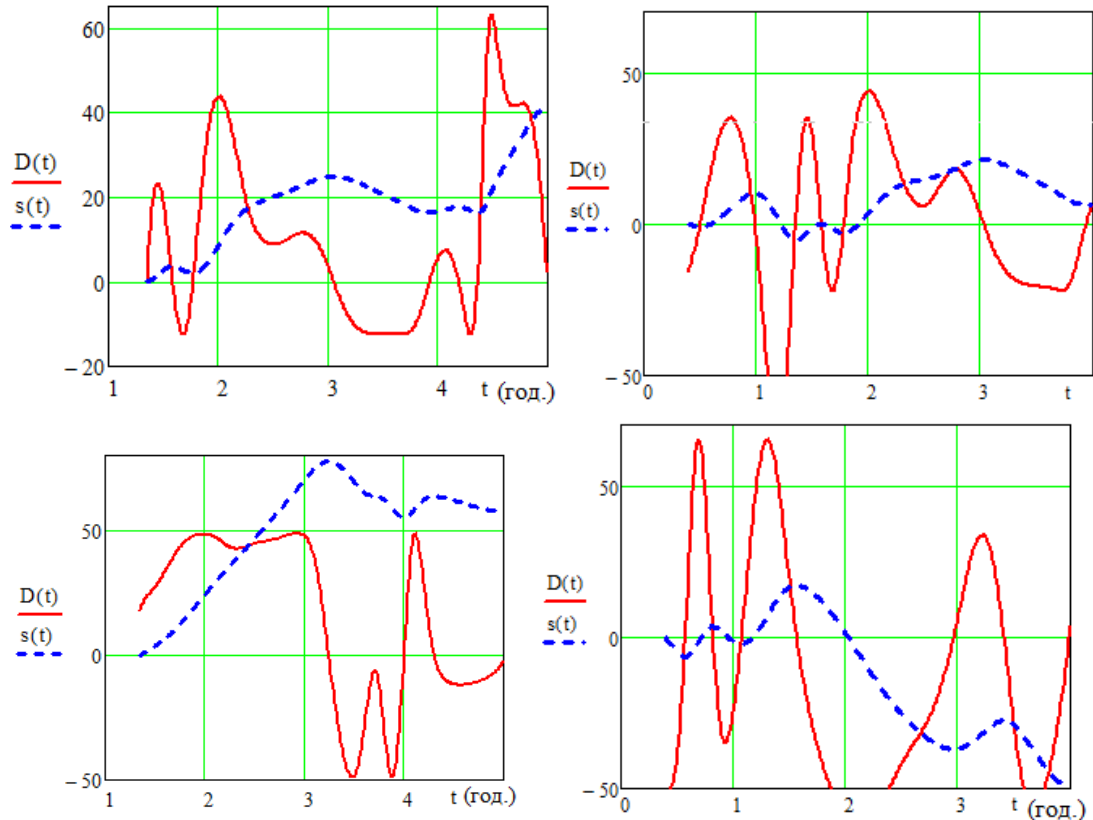


Рис. 1 Залежність приросту протяжності ЗПШ $D(\text{м} \cdot 10^{-5})$ та сумарної товщини ЗПШ $s(\text{м} \cdot 10^{-5})$ від часу тверднення $t(\text{год.})$: а) базальтового волокна, б) скляного волокна просякнутих смолою ЕД-20, с) базальтоне волокно і оксид міді, д) скляне волокно і коричневий шлам.

Встановлено, що на різних етапах зшивання епоксидного зв'язувача відбувається збільшення об'єму поверхневих шарів, внаслідок фізичної взаємодії макромолекул епоксидної смоли з активними центрами на поверхні наповнювача. Водночас, після критичного моменту, спостерігали зменшення об'єму поверхневих шарів, що характерно для матеріалів з дисперсним наповнювачем. Такий ефект зумовлений перебігом релаксацийних процесів внаслідок перегрупування макромолекул олігомера при структуроутворенні композитів. Доведено, що ультрафіолетове опромінення композицій до введення твердника забезпечує утворення поверхневих шарів з високим ступенем зшивання і значної протяжності. У такому випадку відбувається перерозподіл макромолекул у поверхневих шарах, утворених частками наповнювача і волокнами. Тобто утворюються області перекривання поверхневих шарів, що суттєво збільшує ступінь зшивання зв'язувача і поліпшує когезійну міцність епоксипластів.

Таким чином, результати даних досліджень дозволяють визначити механізми покращення фізико-механічних характеристик за рахунок керування структурою епоксикомпозитів.