



УКРАЇНА

(19) UA (11) 39150 (13) U

(51) МПК (2009)

B29B 15/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРОСОЧУВАННЯ БЕЗПЕРЕРВНИХ ВОЛОКНИСТИХ НАПОВНЮВАЧІВ ПОЛІМЕРНИМИ ЗВ'ЯЗУЮЧИМИ

1

2

(21) u200810150

(22) 06.08.2008

(24) 10.02.2009

(46) 10.02.2009, Бюл.№ 3, 2009 р.

(72) КОЛОСОВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-  
ТУТ", UA(57) 1. Спосіб ультразвукового просочування без-  
перервних волокнистих наповнювачів полімерни-  
ми зв'язуючими, відповідно до якого здійснюють  
контактний вплив випромінювачами ультразвуко-  
вих коливань, наприклад, у формі магнітострикцій-  
них перетворювачів з площинною випромінюючою  
пластиною, на поверхню матеріалу із заздалегідь

нанесеним на нього полімерним зв'язуючим, який  
**відрізняється** тим, що перед нанесенням поліме-  
рного зв'язуючого на безперервний волокнистий  
матеріал здійснюють попередню контактну ульт-  
развукову обробку поверхні цього матеріалу, а  
також ультразвукову обробку полімерного зв'язую-  
чого, а контактний вплив ультразвукових коливань  
на безперервний волокнистий матеріал із нанесе-  
ним на нього полімерним зв'язуючим здійснюють з  
дозованим зусиллям притискання поверхні випро-  
мінювачів до поверхні оброблюваного матеріалу.

2. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що здій-  
снюють попередню ультразвукову обробку полі-  
мерного зв'язуючого при варіації робочого тиску і  
амплітуди ультразвукових коливань.

Корисна модель відноситься до технології  
безперервного процесу нанесення рідких полімер-  
них композицій на довгомірний волокнистий мате-  
ріал, і може бути використана для формування  
шаруватих виробів з композиційного матеріалу.

Відомий спосіб просочення довгомірного ма-  
теріалу шляхом його занурення у ванні зі зв'язува-  
льним і зняття надлишків зв'язувального за допо-  
могою пари валків, встановлених з певним  
зазором [1], що вибраний як аналог.

У залежності від типу наповнювача, що просо-  
чується, концентрації, в'язкості і інших характе-  
стик просочувального розчину, а також в залежності  
від необхідного вмісту зв'язуючого, використовую-  
ються ножі-скребачки різного профілю. Межі дозу-  
вання в цьому випадку досить обмежені, і вміст  
зв'язуючого у наповнювачі визначається триваліс-  
тю (часом) контакту наповнювача з розчином, в'яз-  
кістю, концентрацією і просочувальною здатністю  
зв'язуючого. Крім того, відомий спосіб не забезпе-  
чує досить точного дозування зв'язувального че-  
рез прогинання валків.

Найближчим аналогом вибраний спосіб про-  
сочування і дозованого нанесення зв'язуючого на  
довгомірний волокнистий матеріал шляхом дво-  
стороннього асинхронного контактного впливу ви-  
промінювачами УЗК на поверхню матеріалу із за-  
здалегідь нанесеним на нього зв'язуючим при  
симетричній подачі коливань з регулюванням їх

інтенсивності і кута подачі до поверхні цього мате-  
ріалу [2]. Причому як випромінювачі УЗК викорис-  
товують магнітострикційні перетворювачі (ПМС) з  
площинною випромінюючою пластиною.

Однак і спосіб [2] не забезпечує максимально  
якісне просочування в зв'язку з недостатньою під-  
готовкою матеріалу, що не просочився (зокрема,  
сухого непросоченого наповнювача) перед опера-  
цією просочування. Внаслідок цього для більш  
якісного просочування потрібно або зменшення  
швидкості протягування матеріалу, або збільшен-  
ня кількості розчинника в просочувальному складі  
для досягнення аналогічних характеристик кінце-  
вого композиту як у відомому в способі.

Задачею корисної моделі є підвищення якості і  
ефективності просочування безперервних волок-  
нистих наповнювачів полімерними зв'язуючими  
шляхом застосування ефективних режимів, що  
сприяють підвищенню якості як попереднього, так і  
подальшого просочення, а також шляхом застосу-  
вання УЗ-активації поверхні і дегазації структури  
волокнистого наповнювача для поліпшення його  
змочуваності зв'язувальним безпосередньо перед  
просоченням, що призводить до збільшення про-  
дуктивності процесу просочення і дозованого на-  
несення зв'язувального за рахунок збільшення  
швидкості протягування наповнювача при збере-  
женні властивостей кінцевого композиту.

(13) U

(11) 39150

(19) UA

Вказана задача вирішується тим, що в способі ультразвукового просочування безперервних волокнистих наповнювачів полімерними зв'язуючими, відповідно до якого здійснюють контактний вплив випромінювачами ультразвукових коливань, наприклад, у формі магнітострикційних перетворювачів з площинною випромінюючою пластиною, на поверхню матеріалу із заздалегідь нанесеним на нього полімерним зв'язуючим, новим є те, що, перед нанесенням полімерного зв'язуючого на безперервний волокнистий матеріал здійснюють попередню контактну ультразвукову обробку поверхні цього матеріалу, а також ультразвукову обробку полімерного зв'язуючого, а контактний вплив ультразвукових коливань на безперервний волокнистий матеріал із нанесеним на нього полімерним зв'язуючим здійснюють з дозованим зусиллям притискання поверхні випромінювачів до поверхні матеріалу, що обробляється.

Здійснюють попередню ультразвукову обробку полімерного зв'язуючого при варіації робочого тиску і амплітуди ультразвукових коливань.

Перераховані вище ознаки складають сутність корисної моделі.

Наявність причинно-наслідкового зв'язку між сукупністю істотних ознак корисної моделі і технічним результатом, що досягається, полягає в наступному.

Досліджували такі режими процесу поздовжнього (уздовж волокон) УЗ-просочування безперервних волокнистих наповнювачів:

1). просочування наповнювача неозвученим і озвученим УЗ-полем по оптимальному режиму зв'язуючим і контактний УЗ-вплив концентратором на наповнювач, що просочується, неозвученим і озвученим зв'язуючим (перший варіант/ просочування);

2). короткотривалий контактний УЗ-вплив концентратором на поверхню непросоченого наповнювача і УЗ-обробка просоченого обробленого (модифікованого) наповнювача попередньо обробленим УЗ (озвученим) зв'язуючим (другий варіант II просочування, що відповідає розробленому способу). Крім того, здійснюють попередню ультразвукову обробку полімерного зв'язуючого при варіації робочого тиску і амплітуди ультразвукових коливань.

При УЗ-обробці наповнювача, що просочується, концентратор розташовували в просторі між оправкою і дзеркалом зв'язуючого й теплообмінником, що полегшувало видалення повітряних включень з міжволоконного простору наповнювача. А за рахунок присутності надлишку зв'язуючого в зоні роботи концентратора при русі наповнювача через зв'язуюче відбувався рівномірний розподіл зв'язуючого по перетину наповнювача, що просочується.

У свою чергу, здійснення попередньої двосторонньої контактної ультразвукової обробки поверхні безперервного волокнистого матеріалу, що не просочився, у тому числі з дозованим зусиллям притискання поверхні випромінювачів до поверхні матеріалу, що обробляється, сприяє підвищенню ефективності модифікації поверхні непросоченого наповнювача.

Кінетику просочування також оцінювали за наступним теоретичним кінетичним рівнянням [3]:

$$t = \frac{\eta h^2}{2\sigma \cos \theta r_{\text{еф}}} , \quad (1)$$

де  $t$  – час (поздовжнього) просочування, с;

$\eta$  – в'язкість рідини, Па·с;

$h$  – висота підйому просочувальної рідини, м·10<sup>-6</sup>;

$r_{\text{еф}}$  – ефективний радіус пор, м·10<sup>-6</sup>;

$\theta$  – крайовий кут змочування, град.

Оптимальне зусилля натягнення наповнювача в процесі просочування  $N_{\text{opt}}$  становило для безперервного скловолокнистого наповнювача  $N_{\text{opt}}=3,5\text{Н/м}$ .

На Фіг.1 і Фіг.2 представлені кінетичні криві поздовжнього просочування скловолокна епоксидними олігомерами (ЕО) ЕД-20 і УП-631-МК при температурі просочення 50°C по двох вищезначених варіантах (I і II) просочування.

На Фіг.1 і Фіг.2 прийняті наступні позначення:

(○) – кінетична крива "вільного" просочування (тобто без дії УЗ);

(□) – теоретична кінетична крива, отримана по рівнянню (1) за першим (I) варіантом УЗ-просочування при частоті УЗ  $f=17\text{кГц}$ ;

(Δ) – експериментальна кінетична крива, отримана за першим (I) варіантом УЗ-просочування при частоті УЗ  $f=17\text{кГц}$  при амплітуді 5ммк за нормального робочого тиску;

(◇) – експериментальна кінетична крива, отримана за першим (I) варіантом УЗ-просочування при частоті УЗ  $f=22\text{кГц}$  при амплітуді 15ммк за підвищеного робочого тиску;

(■) – теоретична кінетична крива, отримана по рівнянню (1) за другим (II) варіантом УЗ-просочування при частоті УЗ  $f=17\text{кГц}$ ;

(▲) – експериментальна кінетична крива, отримана за другим (II) варіантом УЗ-просочування при частоті УЗ  $f=17\text{кГц}$  за нормального робочого тиску;

(◆) – експериментальна кінетична крива, отримана за другим (II) варіантом УЗ-просочування при частоті УЗ  $f=17\text{кГц}$  за підвищеного робочого тиску.

При контакті з олігомером ЕД-20 (див. Фіг.1) кінетична крива поздовжнього просочування монотонно підіймається вгору і через 15с виходить на кінець дільниці (плато) насичення.

У випадку просочування наповнювача озвученим по комбінованому (оптимальному) режиму олігомером час виходу в область насичення меншає в два-три рази, а висота підйому олігомера по волокну збільшується у два-три рази (варіант II просочування).

При просочуванні озвученим олігомером УП-631-МК (див. фіг. 2) швидкість і висота поздовжнього просочування збільшуються ще більше, тобто цей олігомер є більш чутливим до УЗ-впливу. При цьому максимуму висоти поздовжнього просочування відповідає мінімальне значення часу поздовжнього просочування  $t_1$ .

У результаті контактної УЗ-дії протягом деякого малого часу (0,5–10с) відбувається активація поверхні скловолокнистих наповнювачів, а також спостерігається поліпшення змочувальної спро-

можності полімерного зв'язуючого до скловолокна і збільшення сумарної питомої поверхні наповнювачів  $S_{уд}$  під дією ударних хвиль, що виникають при лопанні кавітаційних порожнин.

УЗ-активація починається при інтенсивності І УЗ, що перевищує деяке граничне значення. Ця величина залежить від стану поверхні твердої фази (наповнювача), а також від характеру і величини сил взаємодії між окремими частками твердої фази. Після включення УЗГ відбувалося різке збільшення підйому зв'язуючого по попередньо обробленій (промодифікованій) концентратором УЗ-поверхні склонаповнювача з подальшим виходом в область насичення (верхня кінетична крива 1 на Фіг.1 і Фіг.2).

Після вимкнення генератора в точці початку ділянки насичення спостерігався деякий залишковий підйом зв'язуючого по наповнювачу, а загальна висота підйому зв'язуючого при УЗ-просочуванні наповнювача озвученим зв'язуючим (варіант ІІ просочування) збільшилась в 2,5–4 рази для олігомера ЕД-20 і в 4–6 разів для олігомера УП-631-МК.

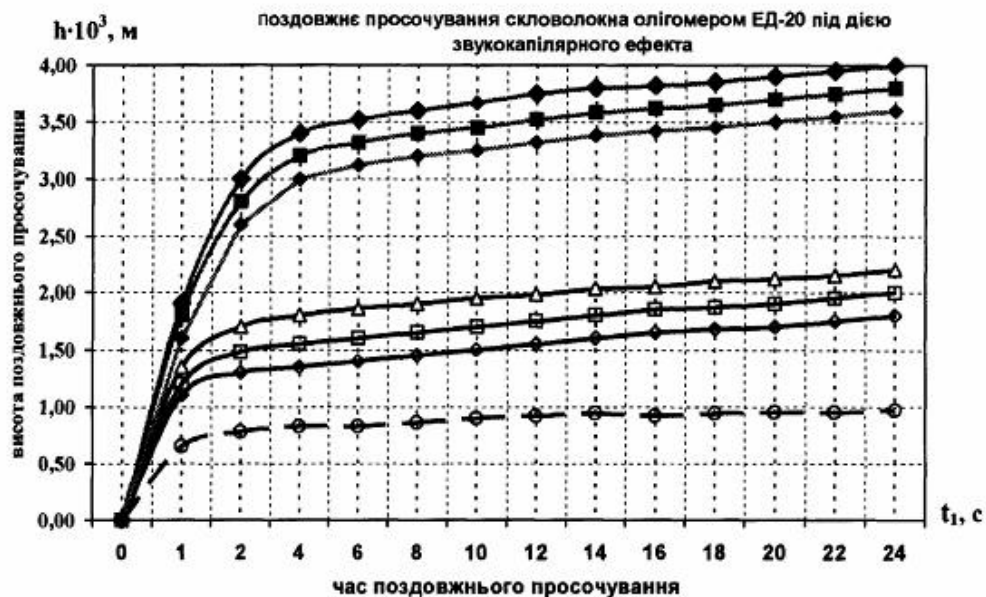
Таким чином, експериментально встановлено, що в результаті застосування за розробленим способом ефективних режимів УЗ-обробки при просочуванні орієнтованих волокнистих наповнювачів загальна висота підйому зв'язуючого (продуктивність просочування) при УЗ-просочуванні безперервного наповнювача попередньо озвученим зв'язуючим збільшується щонайменше в 2,5–4 рази для ЕО.

Джерела інформації:

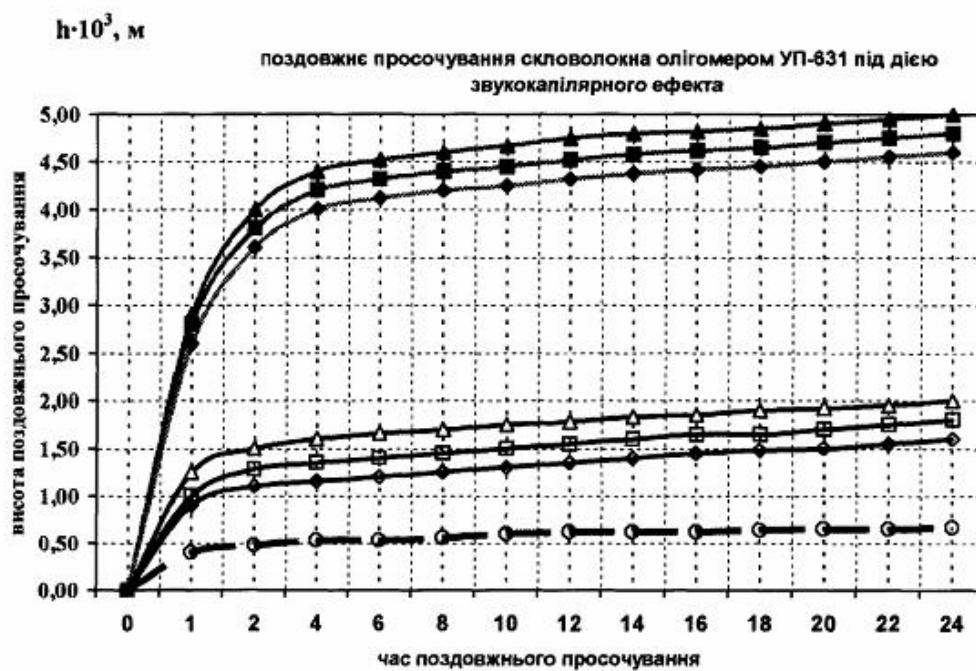
1. Шалун Г.Б. и др. Слоистые пластики. М.: Химия, 1978. С.105-106.

2. Способ пропитки и дозированного нанесения связующего на длинномерный волокнистый материал. А.С. СССР №1781054, МПК В29В15/12, Опубл. 15.12.1992, Бюл. №46.

3. Колосов А.Е. Пропитка волокнистых наполнителей полимерными связующими. 1. Кинетические уравнения продольной и поперечной пропитки //Механика композитных материалов. –1987. –№5. –С.878–886.



Фіг. 1



Фиг. 2