



УКРАЇНА

(19) UA (11) 48178 (13) U

(51) МПК (2009)

C08L 63/00

C08J 3/28

C09J 5/08

B29C 61/00

B29C 61/06

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

(54) СПОСІБ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ

1

2

(21) u200909331

(22) 11.09.2009

(24) 10.03.2010

(46) 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.

(72) КОЛОСОВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ, СІВЕЦЬКИЙ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, КОЛОСОВ ВІКТОР ЄВГЕНОВИЧ, САХАРОВ ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ, КОЛОСОВА ОЛЕНА ПЕТРІВНА, СТЕПАНЕНКО БОРИС ЄВГЕНОВИЧ

(73) КОЛОСОВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ

(57) 1. Спосіб вибору ефективних параметрів ультразвукової обробки епоксидних композицій, отриманих на основі епоксидних олігомерів, згідно з яким задають змінні значення досліджуваних параметрів ультразвукової обробки у вигляді частоти (f), амплітуди (A), інтенсивності (I) ультразвукових коливань, а також температури (T) і часу (τ) озвучування або здійснення ультразвукової обробки епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій на їх основі, визначають технологічні властивості рідких епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій і структурні характеристики затверділих епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій, отримуваних в результаті ультразвукової обробки за даних змінних досліджуваних параметрів ультразвукової обробки, причому як технологічні властивості рідких епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій вибирають динамічну в'язкість (η), як структурні характеристики епоксидних композицій вибирають оптичну щільність ( $D^\circ$ ) епоксидних олігомерів, а також температуру склування ( $T_c$ ), щільність ( $\rho_n$ ), сорбційну ємність ( $S_n$ ) і коефіцієнт дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері, який **відрізняється** тим, що будують графічні залежності зміни динамічної в'язкості (η) епоксидного олігомеру чи епоксидної композиції на його основі у залежності від частоти (f) і часу (τ) озвучування, зміни оптичної щільності ( $D^\circ$ ) епоксидного олігомеру чи епоксидної композиції на його основі на фік-

сованих температурах озвучування (T), зміни щільності ( $\rho_n$ ), температури склування ( $T_c$ ), сорбційної ємності ( $S_n$ ) та коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу (τ) озвучування епоксидного олігомеру чи епоксидної композиції, при цьому ефективну температуру озвучування (T) епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій оцінюють по максимальному інтервалу зміни величини оптичної щільності ( $D^\circ$ ) епоксидного олігомеру чи епоксидної композиції, а ефективний інтервал значень часу озвучування (τ) при досліджуваних частотах оцінюють на основі визначення зміни динамічної в'язкості η епоксидного олігомеру чи епоксидної композиції у залежності від частоти (f) озвучування, або на основі визначення максимального інтервалу зміни величини щільності ( $\rho_n$ ), або температури склування ( $T_c$ ), або сорбційної ємності ( $S_n$ ), або коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу (τ) озвучування рідкої епоксидної композиції.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що задають дискретні значення температури випробувань ( $T_b$ ) епоксидного полімеру, будують графічні залежності зміни сорбційної ємності ( $S_n$ ) та коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу (τ) озвучування епоксидного олігомеру чи епоксидної композиції і температури випробувань ( $T_b$ ) епоксидного полімеру, визначають максимальний інтервал зміни сорбційної ємності ( $S_n$ ) і коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу (τ) озвучування епоксидного олігомеру чи епоксидної композиції і температури випробувань ( $T_b$ ), на основі якого оцінюють ефективний інтервал значень часу озвучування (τ) при досліджуваних частотах (f).

(19) UA (11) 48178 (13) U

Корисна модель відноситься до області переробки високомолекулярних з'єднань, переважно сітчастих (термореактивних) полімерів, зокрема, до способів вибору ефективних параметрів ультразвукової (УЗ) обробки епоксидних композицій (ЕК), що використовуються при виготовленні армованих полімерних композиційних матеріалів, а також у машинобудуванні, енергетиці, авіаційній і суднобудівній промисловості тощо.

Як аналог вибраний спосіб вибору параметрів УЗ-обробки, що є частиною способу модифікації ЕК при їх ультразвуковій (УЗ) обробці (акустичній кавітації) [1]. УЗ-обробка різних композицій за цим способом проводилася на невзаємопов'язаних параметрах обробки: фіксованих частотах (20 кГц; 21 кГц; 29 кГц), амплітуді (8 мкм), інтенсивності (0-3 Вт/см<sup>2</sup>; 2-7 Вт/см<sup>2</sup>), часі (0-40 хв.; 60-120 хв.), температурі (100 °C і 120 °C). При фіксованих параметрах УЗ-обробки здійснювали вимірювання експлуатаційних і технологічних властивостей ЕК. Досягнуте зміцнення щодо розтягання гранично затверділих полімерних композицій за цим способом склало 11-20 %.

Спосіб аналога є трудомістким, малодостовірним і витратним при визначенні ефективного співвідношення і виборі параметрів УЗ-обробки, що не дає змогу направлено здійснення та прогнозування параметрів УЗ-модифікації ЕК. Крім того, цей спосіб не забезпечує достатньо високих значень як технологічних властивостей олігомерів, так і фізико-механічних властивостей ЕП на їх основі. До недоліків цього способу також слід віднести як достатньо великий час УЗ-обробки (60-120 хв.), так і суттєве зростання в'язкості олігомерів після закінчення УЗ-обробки.

Як найбільш близький аналог вибраний спосіб вибору ефективних параметрів УЗ-обробки ЕК, що є частиною способу отримання зв'язуючого для композиційних матеріалів, шляхом змішування епоксидної основи з твердником із наступною УЗ-дією, що здійснюється при частоті 17-44 кГц, амплітуді 50-120 мкм, інтенсивності 15-30 Вт/см<sup>2</sup> і температурі 70-90 °C протягом 30-45 хв. [2]. При цьому як епоксидну основу використовують епоксидно-діанову смолу ЕД-20, а як аміний твердник — діетилентриамін ДЕТА.

При визначенні ефективних параметрів УЗ-обробки ЕК здійснюють апріорне варіювання досліджуваного параметра УЗ-обробки (до яких відносять частоту, амплітуду, інтенсивність, температуру, час, температуру і час УЗ-обробки), як правило, з однаковим шагом, за незмінності інших досліджуваних параметрів УЗ-обробки, і визначають технологічні та експлуатаційні властивості одержуваних ЕК, оброблених УЗ. Визначення ефективних параметрів УЗ-обробки здійснюють на основі аналізу результатів вимірювань відповідних експлуатаційних (структурних) і технологічних властивостей ЕК і ЕП, одержаних при фіксованих параметрах УЗ-обробки.

Як технологічні властивості ЕК вибирають динамічну в'язкість, мінімальне значення крайового кута змочування рідкої ЕК по матеріалу наповнювача, максимальну висоту підйому епоксидного

олігомера або ЕК по наповнювачу, а як експлуатаційні (структурні) властивості ЕК (або ЕП) вибирають температуру склування, оптичну щільність ( $D^\circ$ ) ЕО чи ЕК, щільність ( $\rho_n$ ), сорбційну ємність ( $S_n$ ) і коефіцієнт дифузії води ( $D_w$ ) ЕП.

Проте спосіб найбільш близького аналога є трудомістким і витратним при визначенні ефективного співвідношення параметрів УЗ-обробки, що не дає змогу прогнозування властивостей ЕК (або ЕП), одержаних за ефективних параметрів УЗ-модифікації.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення ефективності, спрощення процесу вибору при визначенні ефективних параметрів УЗ-обробки, що дасть змогу направлено здійснення та вибору ефективних параметрів УЗ-модифікації ЕК.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб вибору ефективних параметрів ультразвукової обробки епоксидних композицій, отриманих на основі епоксидних олігомерів, згідно з яким задають змінні значення досліджуваних параметрів ультразвукової обробки у вигляді частоти ( $f$ ), амплітуди ( $A$ ), інтенсивності ( $I$ ) ультразвукових коливань, а також температури ( $T$ ) і часу ( $\tau$ ) озвучування або здійснення ультразвукової обробки епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій на їх основі, визначають технологічні властивості рідких епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій і структурні характеристики затверділих епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій, отримуваних в результаті ультразвукової обробки за даних змінних досліджуваних параметрів ультразвукової обробки, причому як технологічні властивості рідких епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій вибирають динамічну в'язкість ( $\eta$ ), як структурні характеристики епоксидних композицій вибирають оптичну щільність ( $D^\circ$ ) епоксидних олігомерів, а також температуру склування ( $T_c$ ), щільність ( $\rho_n$ ), сорбційну ємність ( $S_n$ ) і коефіцієнт дифузії води ( $D_w$ ) в епоксидному полімері, новим є те, що, будують графічні залежності зміни динамічної в'язкості ( $\eta$ ) епоксидного олігомера чи епоксидної композиції на його основі у залежності від частоти ( $f$ ) і часу ( $\tau$ ) озвучування, зміни оптичної щільності ( $D^\circ$ ) епоксидного олігомера чи епоксидної композиції на його основі на фіксованих температурах озвучування ( $T$ ), зміни щільності ( $\rho_n$ ), температури склування ( $T_c$ ), сорбційної ємності ( $S_n$ ) та коефіцієнта дифузії води ( $D_w$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування епоксидного олігомера чи епоксидної композиції, при цьому ефективну температуру озвучування ( $T$ ) епоксидних олігомерів чи епоксидних композицій оцінюють по максимальному інтервалу зміни величини оптичної щільності ( $D^\circ$ ) епоксидного олігомера чи епоксидної композиції, а ефективний інтервал значень часу озвучування ( $\tau$ ) при досліджуваних частотах оцінюють на основі визначення зміни динамічної в'язкості  $\eta$  епоксидного олігомера чи епоксидної композиції у залежності від частоти ( $f$ ) озвучування, або на основі визначення максимального інтервалу зміни величини

щільності ( $\rho_n$ ), або температури склування ( $T_c$ ), або сорбційної ємності ( $S_n$ ), або коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування рідкої епоксидної композиції.

Задають дискретні значення температури випробувань ( $T_b$ ) епоксидного полімера, будують графічні залежності зміни сорбційної ємності ( $S_n$ ) та коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування епоксидного олігомера чи епоксидної композиції і температури випробувань ( $T_b$ ) епоксидного полімера, визначають максимальний інтервал зміни сорбційної ємності ( $S_n$ ) і коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в епоксидному полімері у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування епоксидного олігомера чи епоксидної композиції і температури випробувань ( $T_b$ ), на основі якого оцінюють ефективний інтервал значень часу озвучування ( $\tau$ ) при досліджуваних частотах ( $f$ ).

Перераховані ознаки способу складають сутність корисної моделі.

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

Відсутність ефективного діапазону УЗ-обробки для досліджуваної ЕК, а також відсутність оптимального співвідношення для досліджуваних параметрів УЗ-модифікації не дозволяє провести ефективно об'ємне озвучування ЕС з метою максимальної реалізації її фізико-механічних властивостей у кінцевій полімерній композиції.

Це слугувало орієнтиром при дослідженні і розробленні ефективних режимів та виборі параметрів УЗ-модифікації ЕК як за нормального, так і за надлишкового тисків. З метою оцінки ефективності УЗ-модифікації були проведені порівняльні експериментальні дослідження композиції для просочування на базі смоли ЕД-20 і твердника ДЕТА. Після УЗ-обробки 100 в.ч. смоли ЕД-20 змішували з 10 в.ч. твердника ДЕТА. Отриману суміш затверджували за режимом 20 °C/24 год +130 °C/6 год.

Спосіб реалізують наступним чином.

1. Як параметри УЗ-обробки вибирають частоту ( $f$ ), амплітуду ( $A$ ), інтенсивність ( $I$ ) УЗ-коливань, а також температуру ( $T$ ) і час ( $\tau$ ) озвучування або здійснення УЗ-обробки ЕО або ЕК на їх основі, шляхом задання змінних значень досліджуваних параметрів УЗ-обробки.

2. Проводять визначення технологічних властивостей рідких ЕК і структурних характеристик рідких і затверділих ЕК, отримуваних в результаті УЗ-обробки за даних параметрів.

Як технологічні властивості рідких ЕК вибирають динамічну в'язкість ( $\eta$ ).

Як структурні характеристики рідких ЕК вибирають оптичну щільність ( $D^\circ$ ), а як структурні характеристики затверділих ЕК вибирають температуру склування ( $T_c$ ), щільність ( $\rho_n$ ), сорбційну ємність ( $S_n$ ) і коефіцієнт дифузії води ( $D_b$ ) ЕП, отриманому на основі затверділої ЕК.

3. Будують графічні залежності зміни оптичної щільності ( $D^\circ$ ) ЕО або ЕК на його основі на фіксованих температурах озвучування ( $T$ ), а також гра-

фічні залежності зміни щільності ( $\rho_n$ ) і температури склування ( $T_c$ ) затверділого сітчастого полімеру у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування.

4. Ефективну температуру озвучування ( $T$ ) ЕО і ЕК на їх основі оцінюють по максимальному інтервалу зміни величини оптичної щільності ( $D^\circ$ ) ЕО.

5. Ефективний інтервал значень часу озвучування ( $\tau$ ) при досліджуваних частотах оцінюють на основі вимірювань зміни динамічної в'язкості  $\eta$  ЕО марки ЕД-20 у залежності від частоти ( $f$ ) озвучування, або обирають на основі вимірювань максимального інтервалу зміни величини щільності ( $D^\circ$ ) або температури склування ( $T_c$ ) у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування.

Крім того, будують графічні залежності зміни динамічної в'язкості ( $\eta$ ) ЕО або ЕК на його основі у залежності від частоти ( $f$ ) і часу ( $\tau$ ) озвучування, а ефективний інтервал значень часу озвучування ( $\tau$ ) при досліджуваних частотах оцінюють на основі вимірювань зміни динамічної в'язкості ( $\eta$ ) ЕО у залежності від частоти ( $f$ ) озвучування.

Відповідно до способу, будують графічні залежності сорбційної ємності ( $S_n$ ) та коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в ЕП у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування ЕО або ЕК на його основі, і температури випробувань ( $T_b$ ), значення яких вибирають дискретно з однаковим кроком (наприклад, через 10 °C), а ефективний інтервал значень часу озвучування ( $\tau$ ) при досліджуваних частотах обирають на вимірювань максимального інтервалу зміни значень сорбційної ємності ( $S_n$ ) або коефіцієнта дифузії води ( $D_b$ ) в ЕП у залежності від часу ( $\tau$ ) озвучування і температури вимірювань ( $T_b$ ).

Спосіб ілюструється Фіг. 1-7, де:

на Фіг. 1-2 показана графічна залежність зміни оптичної щільності ( $D^\circ$ ) (Фіг. 1) і максимумів оптичної щільності  $D^\circ_{\max}$  (Фіг. 2) ЕО марки ЕД-20 у залежності від часу озвучування  $\tau$  при частотах озвучування  $f=15$  кГц і 18 кГц при температурі озвучування  $T=50$  °C, 70 °C і 100 °C за нормального тиску;

на Фіг. 3 показана графічна залежність зміни динамічної в'язкості ( $\eta$ ) рідкої ЕК у складі ЕД-20 в залежності від часу УЗ-обробки ( $\tau$ ) на частоті  $f=18$  кГц за нормального тиску;

на Фіг. 4-5 показана графічна залежність зміни щільності  $\rho_n$  (Фіг. 4) і температури склування  $T_c$  (Фіг. 5) ЕП у складі ЕД-20+ДЕТА у залежності від часу УЗ-обробки  $\tau$  на частоті 18 кГц за нормального тиску;

на Фіг. 6-7 показана графічна залежність зміни сорбційної ємності  $S_n$  (Фіг. 6) і коефіцієнта дифузії води  $D_b$  (Фіг. 7) полімеру ЕД-20+ДЕТА у залежності від часу озвучування  $\tau$  при температурі випробувань  $T_b$  20 °C, 30 °C і 40 °C на частоті 18 кГц за нормального тиску.

Нижче наведені приклади реалізації способу.

Досліджували технологічні та структурні властивості ЕО та ЕП на їх основі (динамічну в'язкість, оптичну щільність, щільність, температуру склування, сорбційну ємність, водостійкість).

Температуру склування  $T_c$  визначали із застосуванням термомеханічного аналізу. Оптичну щільність  $D^\circ$  озвученого при фіксованих темпера-

турах (50 °C, 70 °C, 100 °C) олігомеру (ЕД-20) вимірювали за допомогою методу світлорозсіювання. Після вакуумування й охолодження до кімнатної температури (20 °C) озвученого олігомеру на спектрофотометрі СФ-26 визначали шукану оптичну щільність олігомеру при фіксованій довжині хвилі  $\lambda_0=540$  нм.

Динамічну в'язкість зв'язуючого  $\eta$  визначали за допомогою реовіскозиметра Хеплера (РС 3915-73). Щільність затверділих зразків ЕК  $\rho_n$  (ГОСТ 18329-73) визначали методом гідростатичного зважування затверділих зразків у дистильованій воді.

Сорбційну ємність  $S_n$  і затверділих ЕП визначали за кількістю пари води, що сорбувалась полімером. Кінетика поглинання пари води визначалась по зміні маси полімеру, що підвищувався у вакуумі на пружинних вагах конструкції Мак-Бена. Чутливість ваг складала 0,15 мг/мм. За подовженням зразків сліdkували за допомогою катетометру КМ-6.

Для вибору ефективних параметрів УЗ-обробки проводили вибір відповідних значень частоти (амплітуди), температури озвучування як за нормального тиску, так і за надлишкового тиску. За розробленим підходом ефективну температуру озвучування (Т) ЕО та їх сумішей з іншими компонентами смоляної частини оцінювали, зокрема, по максимальному інтервалу зміни оптичної щільності  $D^\circ$  олігомеру.

На Фіг. 1-2 показана зміна оптичної щільності  $D^\circ$  (Фіг. 1), а також максимумів її значень  $D^\circ_{\max}$  (Фіг. 2) для "чистого" ЕО марки ЕД-20 у залежності від часу озвучування  $\tau$  при частотах озвучування  $f=15$  кГц і 18 кГц при фіксованих значеннях температури озвучування  $T = 50$  °C, 70 °C і 100 °C.

З Фіг. 1 видно, що із зниженням температури озвучування  $T$  час озвучування  $\tau$ , при якому досягається максимум, збільшується, і навпаки. В інтервалі температур озвучування від 50 до 75 °C (ефективний інтервал значень  $T$ ) і при часі озвучування від 25 до 35 хв. відбувається максимальна зміна оптичної щільності  $D^\circ$  (див. Фіг. 2).

При подальшому підвищенні температури озвучування (Т) значення оптичної щільності  $D^\circ$  меншає. Аналогічна залежність виявлена і для суміші смоляної частини ЕК (УП-640 + УП-599+ЕД-20).

На Фіг. 3 показана зміна динамічної в'язкості ( $\eta$ ) "чистого" ЕО марки ЕД-20 в залежності від часу озвучування  $\tau$  при частотах озвучування  $f=15$  кГц і 18 кГц при фіксованих значеннях температури озвучування  $T = 50$  °C, 70 °C і 100 °C.

Зміна динамічної в'язкості  $\eta$  епоксидного олігомеру ЕД-20 в залежності від часу озвучування  $\tau$  при частотах озвучування  $f=15$  кГц і 18 кГц носить екстремальний характер, досягаючи свого максимуму в інтервалі 25-35 хв. З підвищенням температури озвучування (Т) олігомеру його в'язкість ( $\eta$ ) зростає.

В'язкість  $\eta$  залежить також від частоти озвучування  $f$ . Так, із збільшенням частоти озвучування  $f$  пік в'язкості зміщується вправо. При збільшенні амплітуди коливань концентратора проявляється

тенденція до зменшення величини в'язкості за фіксованої температури  $T$  і частоти  $f$ .

В екстремумі величина в'язкості  $\eta$ , виміряна за температури 50 °C і 70 °C, зростає в середньому на 10-15 % у порівнянні з вихідним значенням.

Залежність щільності ( $\rho_n$ ) затверділого сітчастого полімеру від часу озвучування ( $\tau$ ) (див. Фіг. 4) також носить екстремальний характер з максимумом в області 25-35 хв.

Характерно, що температура склування ( $T_c$ ) озвучених і затверділих ЕП також зростає (максимальне зростання на 15-17 °C), досягаючи максимуму в тому ж інтервалі часу озвучування (див. Фіг. 5).

Таким чином, можна зробити висновок, що озвучування олігомерів приводить не тільки до підвищення щільності молекулярного упакування, але й до зростання ефективної гущини макромолекулярної сітки. Це може бути пов'язано зі зменшенням її «дефектності» за рахунок «поліпшення» структури початкового олігомеру, що приводить до відповідного зміцнення затверділих полімерів.

Подібна зміна щільності ( $\rho_n$ ) характеризує зростання щільності молекулярного упакування склоподібного полімеру, сумарної енергії міжмолекулярної взаємодії, і тим самим когезійної міцності полімерного зв'язуючого.

Такий же характер має залежність параметрів асоціативної структури початкових олігомерів у залежності від часу озвучування ( $\tau$ ). Це дозволяє судити про реалізацію принципу структурної спадкоємності при фізичному модифікуванні ЕП.

При цьому встановлено, що зміна асоціативної структури як флуктуаційних утворень з великим часом життєздатності має релаксаційну природу і підкоряється температурно-часовому суперпозиційному принципу, а час структурної релаксації досягає декількох десятків годин при нормальних умовах експозиції.

Інший експлуатаційний показник, а саме ізотерми сорбції, з одного боку, несуть інформацію про структурно-морфологічні особливості сорбентів, а з іншої — про стан сорбата в матриці полімеру та про механізм їх взаємодії. При цьому структурна інформація закладена в абсолютному значенні сорбційної ємності  $S_n$  полімеру.

На Фіг. 6 показана зміна сорбційної ємності  $S_n$ , а на Фіг. 7 — коефіцієнта дифузії води  $D_v$  полімерної системи в залежності від часу озвучування  $\tau$  "чистого" (ненаповненого) ЕП.

Як видно з Фіг. 6, із збільшенням часу озвучування  $\tau$  до 30 хв. величина сорбційної ємності  $S_n$  меншає, а при подальшому озвучуванні знову зростає. Одночасно зі зменшенням сорбційної ємності  $S_n$  відбувається збільшення коефіцієнта дифузії води  $D_v$  (Фіг. 7).

Збільшення розмірів упорядкованих областей (асоціатів) у початковому олігомері в процесі УЗ обробки фіксується при хімічній зшивці, що приводить до зменшення міжглобулярного простору в полімері, а також до збільшення числа активних центрів, виключених з процесу сорбції. Міжглобулярна область внаслідок цього виявляється бідною активними центрами, внаслідок чого меншає сорбційна ємність  $S_n$ , а коефіцієнт дифузії  $D_v$ , на-

впаки, збільшується.

З підвищенням температури випробувань  $T_v$  від 20 °C до 40 °C по мірі руйнування фізичної сітки водневих зв'язків сорбційна ємність збільшується в порівнянні з початковим значенням приблизно у два рази, а коефіцієнт дифузії меншає приблизно на 40 % (див. Фіг. 7). Цей факт свідчить про те, що озвучені за ефективним режимом ЕП мають також поліпшену водостійкість.

Крім того, експериментально був встановлений екстремальний характер зміни вищенаведених залежностей технологічних і експлуатаційних (структурних) характеристик ЕК від параметрів УЗ-обробки, і зокрема, від амплітуди, який можна пояснити таким чином.

При відхиленні амплітуди коливань від оптимального значення  $A_{opt}$  зміну цих характеристик можна пояснити тим, що зі збільшенням  $A_{opt}$  у зв'язуючому різко посилюються кавітаційні явища.

При поширенні в ЕО (зв'язуючому) УЗ хвилі великої інтенсивності під впливом кавітаційного поля каверн у місцях розрядження (негативний парціальний тиск) може виникнути розрив суцільності середовища з утворенням кавітаційних порожнин, що заповнюються парами навколишнього середовища.

Виникаючий в об'ємі розрядження газовий пухирець досить швидко закривається під впливом наступаючого періоду стиснення з утворенням ударних хвиль (локальний тиск при лопанні кавітаційних каверн може досягати значень 10-100 МПа). Це супроводжується підвищенням рухливості молекул середовища й інтенсифікацією структурних перетворень.

У свою чергу, мала величина амплітуди УЗ-коливань недостатня для досягнення порога кавітації. Підвищення температури озвучування зв'язуючого призводить внаслідок зменшення в'язкості

середовища до збільшення інтенсивності удару хвиль.

Таким чином, зі зростанням амплітуди поздовжніх УЗК концентратора в зв'язуючому можуть відбуватися процеси, що сприяють виникненню (або збільшенню) числа повітряних включень, що призводить в кінцевому результаті до збільшення дефектності, а також до зниження міцності затверділих ЕП.

В результаті проведених експериментальних досліджень виявлено, що озвучування ЕО приводить не тільки до підвищення щільності молекулярного упакування, але й до зростання ефективної гущини макромолекулярної сітки. Це може бути пов'язано зі зменшенням її «дефектності» за рахунок «поліпшення» структури початкового олігомеру, що приводить до відповідного зміцнення полімерів.

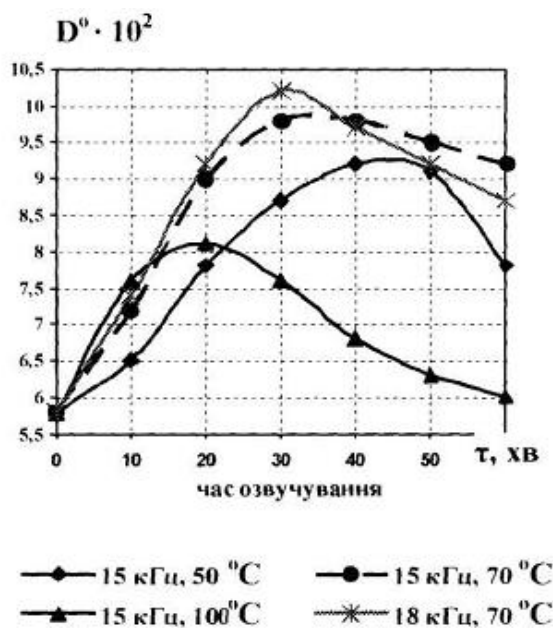
Таким чином, можна стверджувати про підвищення ефективності, спрощення процесу вибору при визначенні ефективних параметрів УЗ-обробки за розробленим способом, що дає змогу направлено здійснення та вибору ефективних параметрів УЗ-модифікації ЕК.

Джерела інформації:

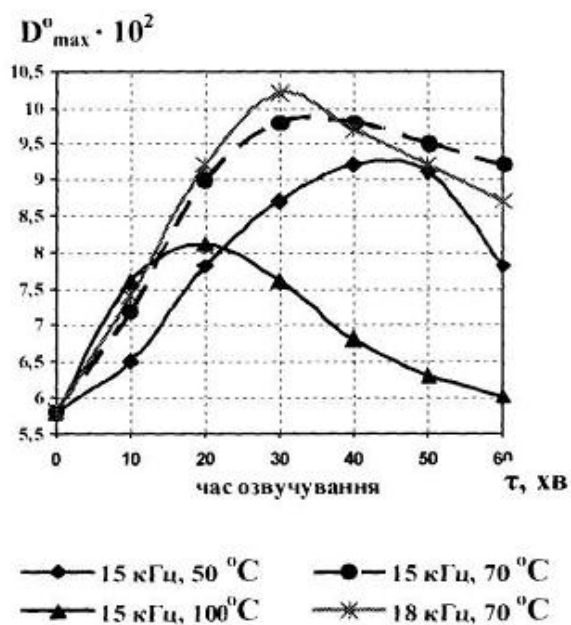
1. Кестельман В. Н. Физические методы модификации полимерных материалов. М.: Химия, 1980. - С. 148-152.

2. Колосов А. Е., Клявлин В. В., Ванин Г. А., Хозин В. Г., Каримов А. А., Кравченко В. Л., Овчинников О. П., Шевченко Э. Е., Колосов В. Е., Шевченко А. Г. Способ получения связующего для композиционных материалов. МПК С 08 L 63/00, С 08 J 3/28. А. с. СССР № 1574612. Опубл. 30.06.90. Б.И. № 24, 1990 г.

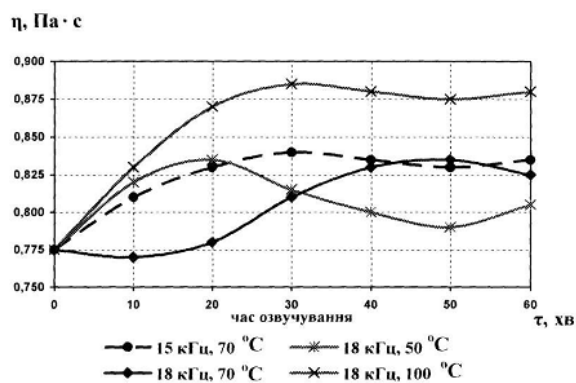
3. Рузинов Л. П. Статистические методы оптимизации химических процессов. - М.: Химия, 1972. - 200 с.



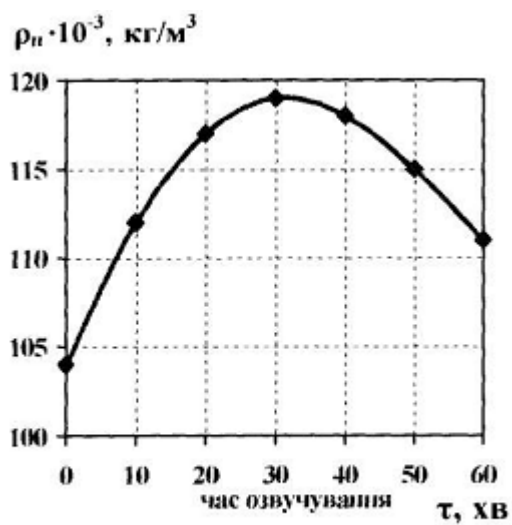
Фіг. 1



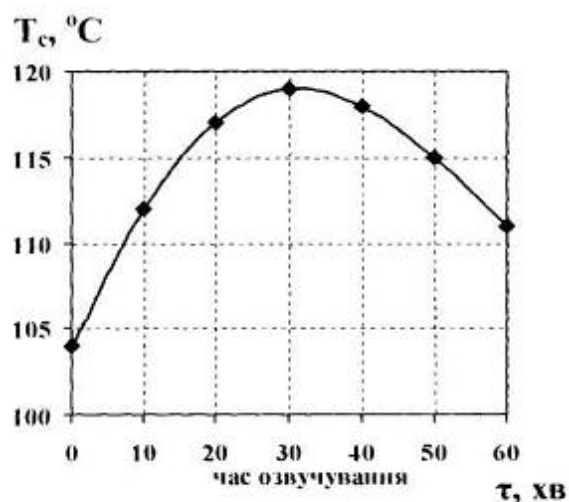
Фіг. 2



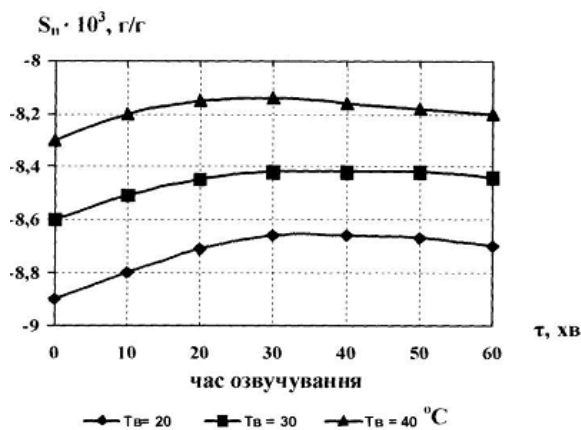
Фіг. 3



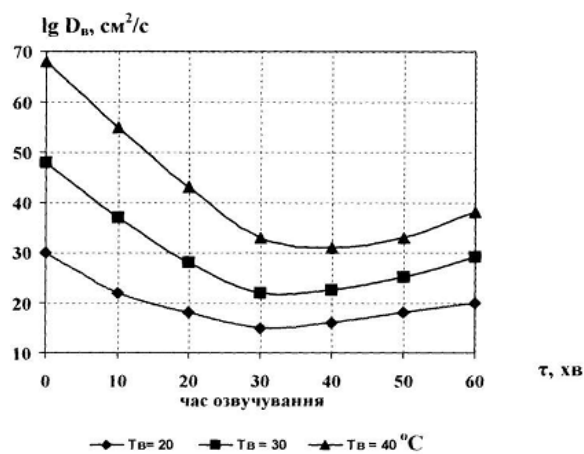
Фіг. 4



Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7

