



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42615 (13) A

(51) 7 G01N15/08, G01N33/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОСОЧЕННЯ ТКАНИХ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ПОЛІМЕРНИМИ ЗВ'ЯЗУЮЧИМИ

(21) 2001053298

(22) 16.05.2001

(24) 15.10.2001

(33) UA

(46) 15.10.2001, Бюл. № 9, 2001 р.

(72) Кудряченко Віктор Володимирович, Федоткін Ігор Михайлович, Колосов Олександр Євгенович

(73) Кудряченко Віктор Володимирович, UA, Федоткін Ігор Михайлович, UA, Колосов Олександр Євгенович, UA

(57) 1. Пристрій для дослідження процесу просочення тканих волокнистих матеріалів полімерними зв'язуючими, що містить станину, змонтовані на ній затискачі для розміщення між ними зразка, що просочується, засіб для деформування зразка, пов'язаний за допомогою тяги з одним із затискачів, і який містить дві паралельні горизонтальні напрямні, змонтовані на станині по обидва боки від тяги, дві опори, встановлені на напрямних, і пружину стиснення, розміщену співвісно з тягою з боку, пов'язаного з тягою затискача між опорами, рухоми напрямну втулку, підпирний підшипник і гайку, встановлений на тязі послідовно з можливістю контакту пружини з втулкою, засіб для вимірювання величини деформації зразка, що містить пружину стиснення, шкалу, встановлену на одній з опор, і показчик, закріплений на напрямній втулці, засіб для визначення міри просочення, виконаний у вигляді розміщених по обидва боки від зразка джерела і приймача світла, місткість зі зв'язуючим, що обігрівається, в якій виконаний горизонтальний проріз для розміщення зразка, вертикальний циліндричний отвір, оптично сполучений з джерелом і приймачем світла, а також канал для подачі зв'язуючого на зразок, який відрізняється тим, що джерело світла виконано з можливістю переми-

щення відносно приймача світла, а також з можливістю генерації циліндричного пучка світлового випромінювання змінного діаметра, вісь вертикального циліндричного отвору у місткості, що обігрівається, пов'язана з поздовжньою віссю каналу для подачі зв'язуючого, в якому розміщена з можливістю переміщення вздовж каналу місткість зі зв'язуючим, що виконана у вигляді дозатора зв'язуючого, на кінці якого з боку вертикального циліндричного отвору розташований впорскувальний елемент, при цьому приймач світла послідовно сполучений із засобом для реєстрації величини коефіцієнта направленої світлоперепускання, що послідовно сполучений із засобом для накопичення інформації про величини коефіцієнтів направленої світлоперепускання і світловідбивання.

2. Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що поздовжня вісь каналу для подачі зв'язуючого розташована під кутом до поверхні зразка.

3. Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що як дозатор зв'язуючого використовують калібрований шприц, а як впорскувальний елемент використовують змінні голки із змінним внутрішнім діаметром.

4. Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що приймач світла виконаний у вигляді фотоелектричних приймачів для вимірювання світла, що проходить, і відображеного світла.

5. Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що джерело світла виконане у вигляді випромінювача модульованого світла з довжиною хвилі випромінювання від 400 до 700 нм.

6. Пристрій по п. 1, який відрізняється тим, що джерело світла виконане у вигляді випромінювача демодульованого світла з довжиною хвилі випромінювання від 400 до 700 нм.

Винахід відноситься до області технології переробки і отримання композиційних матеріалів, а саме: до дослідження кінетики процесу просочення тканих армуючих волокнистих наповнювачів, переважно тканих, полімерними сполучними.

Відома установка для оцінки міри просочення волокнистих матеріалів, обрана як аналог [1]. Установка включає плоскі елементи для розташування між ними зразка, затиски, ванну з просочу-

вальним складом і шкалу для вимірювання рівня просочення. Плоскі елементи забезпечені утворюючими камери корпусами з штуцерами для подачі і зливу теплоносія. Один з плоских елементів шарнірно сполучений з гвинтом, встановленим у валі-гайці, змонтованій з можливістю контакту з одним плечем поворотного двоплечового важеля, інше плече якого сполучене з датчиком (динамометром).

(19) UA (11) 42615 (13) A

Недолік відомої установки - складність і громіздкість її конструкції, мала достовірність результатів досліджень кінетики просочення внаслідок однократності вимірів, що проводяться для одного зразка, а також можливість порушення площинності (викривлення в горизонтальній площині) зразка, що досліджується відносно окуляра оптичного пристрою в процесі дослідження.

Як прототип вибраний пристрій для дослідження процесу просочення тканих волокнистих композитів, що реалізовується спільно зі способом дослідження процесу просочення [2].

Пристрій за прототипом містить станину, змонтовані на ній затиски для розміщення між ними зразка, засіб для деформування зразка, пов'язаний за допомогою тяги з одним із затисків, засіб для вимірювання величини деформації, місткість зі сполучним, що обігрівається, і засіб для визначення міри просочення.

Крім того, засіб для деформування зразка містить дві паралельні горизонтальні напрямні, змонтовані на станині по обидва боки від тяги, встановлені на напрямних, і пружину стиснення, розміщену співвісно з тягою з боку пов'язаного з тягою затиску між опорами, рухому напрямну втулку, підпирний підшипник і гайку, встановлені на тязі послідовно з можливістю контакту пружини з втулкою.

При цьому засіб для вимірювання величини деформації зразка містить пружину стиснення, шкалу, встановлену на одній з опор, і показчик, закріплений на напрямній втулці. Засіб для визначення міри просочення зразка виконаний у вигляді розміщених по обидва боки від зразка джерела і приймача світла.

У місткості, що обігрівається, пристрою за прототипом виконані: горизонтальний проріз для розміщення зразка, вертикальний отвір, що оптично сполучений із джерелом і приймачем світла, а також канал для подачі сполучного на зразок.

Однак і пристрій прототипу не забезпечує достатньо високої достовірності результатів досліджень внаслідок недостатнього врахування реальних умов процесу просочення, структурних властивостей і товщини матеріалу, що просочується, фізико-хімічних властивостей полімерного сполучного, а також суттєвих погіршень при реєстрації міри просочення.

В основу винаходу поставлена задача підвищення достовірності результатів досліджень за рахунок наближення умов просочення до реальних умов процесу шляхом врахування як структурних властивостей матеріалу, так і фізико-хімічних властивостей полімерного сполучного, умов процесу просочення, а також взаємного розташування і взаємозв'язку елементів засобу для реєстрації міри просочення.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для дослідження процесу просочення тканих волокнистих матеріалів полімерними сполучними, що містять станину, змонтовані на ній затискачі для розміщення між ними зразка, що просочується, засіб для деформування зразка, пов'язаний за допомогою тяги з одним із затисків, і який містить дві паралельні горизонтальні напрямні, змонтовані на станині по обидва боки від тяги, дві опори, встановлені на напрямних, і пружину

стиснення, розміщену співвісно з тягою з боку, пов'язаного з тягою затискача між опорами, рухому напрямну втулку, підпирний підшипник і гайку, встановлений на тязі послідовно з можливістю контакту пружини з втулкою, засіб для вимірювання величини деформації зразка, що містить пружину стиснення, шкалу, встановлену на одній з опор, і показчик, закріплений на напрямній втулці, засіб для визначення міри просочення, виконаний у вигляді розміщених по обидва боки від зразка джерела і приймача світла, місткість зі сполучним, що обігрівається, в якій виконаний горизонтальний проріз для розміщення зразка, вертикальний циліндричний отвір, оптично сполучений з джерелом і приймачем світла, а також канал для подачі сполучного на зразок, джерело світла виконано з можливістю переміщення відносно приймача світла, а також з можливістю генерації циліндричного пучка світлового випромінювання змінного діаметра, вісь вертикального циліндричного отвору у місткості, що обігрівається, пов'язана з поздовжньою віссю каналу для подачі сполучного, в якому розміщена з можливістю переміщення вздовж каналу місткість зі сполучним, що виконана у вигляді дозатора сполучного, на кінці якого з боку вертикального циліндричного отвору розташований впорскувальний елемент, при цьому приймач світла послідовно сполучений із засобом для реєстрації величини коефіцієнта направленої світлоперепускання, що послідовно сполучений із засобом для накопичення інформації про величини коефіцієнтів направленої світлоперепускання і світловідбивання.

Поздовжня вісь каналу для подачі сполучного розташована під кутом до поверхні зразка.

Як дозатор сполучного використовують калібрований шприц, а як впорскувальний елемент використовують змінні голки із змінним внутрішнім діаметром.

Приймач світла виконаний у вигляді фотоелектричних приймачів для вимірювання як світла, що проходить, так і відображеного світла.

Джерело світла виконане у вигляді випромінювача модульованого світла з довжиною хвилі випромінювання від 400 до 700 нм.

Джерело світла виконане у вигляді випромінювача демодульованого світла з довжиною хвилі випромінювання від 400 до 700 нм.

Підвищення точності і достовірності результатів вимірювань у пристрої, що пропонується, в порівнянні з пристроєм за прототипом досягається як за рахунок локалізації світлового випромінювання, тобто застосування циліндричного пучка модульованого (демодульованого) світла певного діапазону хвиль, так і за рахунок дозованої подачі сполучного на поверхню зразка, що просочується, з урахуванням його структурних властивостей, включаючи товщину, пористість, натягнення при просоченні, а також капілярно-пористих властивостей і умов поверхневої обробки волокон, що складають його.

Крім того, враховуються фізико-хімічні властивості полімерного сполучного і умови процесу просочення.

Відомо, що процес просочення - це процес заміни повітря в порах і капілярах наповнювача (тканих волокон) на полімерне сполучне. Домінуючий

вплив на процес просочення здійснюють як фізико-хімічні чинники просочувального середовища, так і властивості тканого наповнювача, які, в свою чергу, впливають на його змочуваність [3, 4]. Остання характеризується крайовим кутом змочування Θ , або змочувальною здатністю $\sigma \cos \Theta$, де σ - коефіцієнт поверхневого натягу (або питома вільна поверхнева енергія).

Поверхневий натяг рідин падає з підвищенням температури, однак теоретичні і досить обгрунтовані експериментально закономірності цього явища поки що не знайдені.

У реальних системах кореляція між швидкістю просочення і змочуванням спостерігається не завжди і не повністю, тому застосовувати класичні закони одиничного капіляра правильної форми (тобто без викривлень по довжині), що просочується чистим полімерним середовищем, можна тільки при дуже великих припущеннях [4].

Так, армуючий наповнювач у загальному випадку являє собою систему елементарних волокон, переплетених і сформованих у нитки, рівниці, стрічки, джгути з яскраво вираженою капілярною структурою [5, 6]. Тракткування капілярно-пористого тіла як пучка капілярів однакового радіусу було використане в численних роботах [7, 8]. Причому досить хороший збіг досліду з теорією був отриманий при використанні концепції еквівалентного (гідралічного) радіусу.

Однак, як вважають ряд авторів [9, 10], волокнисту структуру в загальному випадку не можна розглядати як просту суму лінійних капілярів з однаковим поперечним перетином, оскільки капіляри у волокнистих системах істотно відрізняються від циліндричних трубок.

У загальному випадку капіляр не буде круглим, а його стінки гладкими. Форма і площа поперечного перетину капілярів можуть мінятися в широких межах по його довжині для реальних наповнювачів. Крім того, капіляри можуть розгалужуватися, змикатися, закінчуватися тупиками (при просоченні таких капілярів утворюється так званий "пляшковий ефект") або порами великого об'єму.

Крім цього, шорсткість стінок капілярів викликає так званий "капілярний гістерезис" [7, 8]. Останній сприяє прискоренню просочення при використанні складів, що добре змочують, і навпаки, сповільненню просочення при використанні складів, що погано змочують [11]. До того ж більшість капілярів у волокнистих системах не закриті з боків і мають відгалуження [10].

Як правило, при просоченні тканих волокнистих наповнювачів полімерними сполучними, нанесеними на поверхню наповнювача, відбувається не тільки заповнення великих пор і капілярів сполучним (так звана "пенетрація"), але і проникнення його безпосередньо у волокна. Перше явище можна умовно назвати "поперечним" просоченням (тобто просоченням перпендикулярно до поверхні тканини), друге - "поздовжнім" просоченням (тобто просоченням вздовж капілярів волокон).

Як відмічено у [12], власне процес просочення включає в себе наступні основні стадії: нанесення просочувального складу на поверхню полотна (тканого матеріалу), проникнення просочувального складу в пори полотна, дифузію просочувального

складу до поверхні волокон, дифузію просочувального складу всередину волокон.

Причому в процесах, що практично використовуються, вказані стадії не мають чітких кордонів, оскільки реальні матеріали володіють неоднорідною структурою і на різних ділянках вище перелічені чотири стадії просочення протікають з різною швидкістю. Ці чинники нерідко ведуть до поєднання вищезгаданих стадій. У зв'язку з цим при проведенні як теоретичних, так і експериментальних досліджень необхідно максимально враховувати вище перелічені явища.

У світлі вищесказаного є обгрутованим використання оптичного методу (а саме: методу світлоперепускання) для дослідження кінетики просочення з урахуванням відсутності чітких кордонів вищезгаданих стадій просочення. Як в пристрої, що пропонується, так і в пристрої прототипу, використання методу світлоперепускання зумовлене його відносною простотою і достовірністю.

Метод світлоперепускання заснований на зміні оптичних властивостей сухого тканого матеріалу (склонаповнювача) при зануренні його в полімерне сполучне [3]. Зіставлення різних методів показало, що метод, заснований на реєстрації інтенсивності світлоперепускання тонкого прозорого пористого об'єкта (склотканини, що просочилася) в процесі просочення може бути використаний для вивчення кінетики цього процесу, а також для вивчення чинників, що впливають на цей процес [13].

Результати досліджень показали, що із загальною інтенсивністю пучка паралельних світлових променів поглинається тим менша їх частка, чим глибше відбулося просочення. Цей факт можна пояснити тим, що при проникненні світлового променя з одного середовища в інше він заломлюється згідно із законом заломлення Снеліуса, оскільки обидва середовища мають різні показники заломлення.

Дійсно, при витісненні повітря з пористого тіла розчином полімеру змінюються умови проходження і розсіювання світла. Показник заломлення повітря ($n_p=1,003$) значно нижче, ніж показник заломлення слюди ($n_s=1,5620$) або скла ($n_c=1,5-1,7$). У свою чергу, показник заломлення розчинів полімерів становить $n_p=1,4-1,5$.

Падаючий світловий промінь при зустрічі зі скляним наповнювачем круглого поперечного перетину завжди буде поступати на його поверхню під кутом і розсіюватися з усіх напрямів. Тому через волокно проходить лише частина первинного променя, і воно порівняно світлопроникне.

Якщо ж волокна оточені сполучним, показник заломлення якого близький до показника заломлення наповнювача, то світловий промінь заломлюється трохи, тобто композиція є більш світлопроникною у порівнянні з чистим (непросоченим) наповнювачем. Тому при заміні повітря полімером світло розсіюється значно менше, тобто світлорозсіювання меншає, а світлопропускання зростає.

У пристрої, що пропонується, величину дози полімерного сполучного, що подається на поверхню зразка, що просочується, обирають з урахуванням структурних властивостей зразка і умов просочення. До основних структурних властивостей зразка, що просочується, відносять його товщину, пористість, а також капілярно-пористі влас-

тивості і наявність поверхневої обробки волокон, які складають його (наявність на поверхні волокон замаслювачів, апретів і інш.).

Існує певний взаємозв'язок між структурними властивостями наповнювача (зокрема, його товщиною, капілярно-пористими властивостями його волокон), що просочується, величиною дози, що наноситься, і фізико-механічними властивостями полімерного сполучного, зусиллям натягнення наповнювача, а також параметрами світлового випромінювання (діаметром світлової плями, що покриває наповнювач, полярністю і модульованістю випромінювання).

Внаслідок проведених експериментів встановлено, що чим товстішим є тканий волокнистий наповнювач, що просочується, і чим меншим є його натягнення, тим відносно більшу дозу сполучного необхідно наносити, і навпаки.

При нанесенні досить малої дози сполучного при відносно великій товщині наповнювача, що просочується, і малому зусиллі його натягнення процес поперечного просочення пор полотна (пенетрація) буде домінувати над процесом поздовжнього просочення тільки в центральній зоні просочення (що умовно лімітується максимальним діаметром плями сполучного, яка розтікається на поверхні наповнювача з умовним центром в місці нанесення краплі сполучного на поверхню наповнювача).

Тобто в центральній зоні просочення процес проникнення сполучного у відносно великі пори полотна буде домінувати над процесом поздовжнього просочення вздовж волокон внаслідок відмінності капілярних радіусів пор волокон в цих напрямках.

У той же час ближче до краю умовної зони просочення дифузія просочувального складу до поверхні волокон і дифузія складу всередину волокон згодом будуть домінувати над пенетрацією. Одночасно з цим відбувається процес розтікання сполучного по поверхні волокна.

Швидкість цього процесу визначається також наявністю поверхневої обробки волокон. Так, обробка замаслювачами застосовується для поліпшення збереження волокон. Але при цьому одночасно гіршає адгезія замаслених волокон до сполучного, тобто змочуваності. Тому наповнювач перед використанням, як правило, прожарюють (суть), а безпосередньо перед просоченням - нагрівають.

Обробка волокон апретами, що містять органічні похідні кремнію і фтору, служить для поліпшення змочуваності.

Крім того, властивості сполучного (його концентрація, щільність, в'язкість і інші технологічні властивості), зусилля натягнення наповнювача також впливають на швидкість просочення.

Таким чином, в цьому випадку буде спостерігатися нерівномірність проникнення сполучного по товщині наповнювача у всій зоні просочення. Внаслідок цього експериментальні результати, що не враховують вище перелічені явища, будуть давати певну похибку.

В іншому крайньому випадку, коли на тонкий наповнювач наносять досить велику кількість сполучного, спостерігається також недостатньо достовірною картина процесу просочення. Внаслідок

відмінності коефіцієнтів заломлення полімерного сполучного і скловолокнистого наповнювача, а також істотної відмінності їх відносного масового змісту на дільниці, що просочується, домінуючим у показниках заломлення буде показник заломлення сполучного.

Крім цього, в силу відносно "значного" гідростатичного тиску сполучного на поверхню наповнювача (яку можна умовно визначити усередненою висотою стовпа сполучного над поверхнею наповнювача) буде виявлятися "пляшковий ефект", викликаний початковою наявністю повітря в порах тканого наповнювача.

Тому необхідно експериментально визначати оптимальне співвідношення між товщиною наповнювача, що просочується, його натягненням і величиною дози сполучного, що наноситься, в залежності від температури просочення.

Крім того, для підвищення достовірності умов просочення температура тканого наповнювача в зоні просочення і температура сполучного, що наноситься, повинні, як правило, співпадати. Для цього в способі, що пропонується, використовують попередній нагрів сполучного, що наноситься, і зразка, що просочується в зоні просочення, до температури просочення, після чого і роблять вимірювання.

Ще однією особливістю пристрою, що пропонується, є локалізація світлового випромінювання, тобто як світлове випромінювання використовується циліндричний пучок світла. Циліндрична форма пучка світла визначається тим, що для підвищення достовірності процесу вимірювань необхідно провести реєстрацію світлоперепускання інтегрально: як по товщині наповнювача, так і по його поверхні в умовній зоні просочення, тобто по всьому фронту просочення в зоні, що досліджується.

Крім того, як вказувалося вище, процеси просочення в центрі і на периферії зони просочення протікають нерівномірно. До того ж пляма, що утворюється при розтіканні нанесеного на поверхню наповнювача сполучного, також має, як правило, кругову форму.

У свою чергу, використання модульованого світла підвищує точність вимірювань в порівнянні з використанням немодульованого світла.

Варіювання відстані від джерела світла до поверхні зразка, що просочується, дозволяє локалізувати умовний діаметр зони просочення в залежності від структурних властивостей наповнювача, його натягнення, від маси дози і фізико-хімічних властивостей сполучного, що наноситься, а також від умов просочення.

При цьому чим меншою є доза сполучного, що наноситься, і її температура, а також чим меншим є діаметр пор полотна, тим ближче повинно бути розташоване джерело світла до поверхні наповнювача, що просочується, і навпаки.

На фіг. 1 зображений пристрій для дослідження процесу просочення, вигляд збоку; на фіг. 2 - те ж, вигляд зверху; на фіг. 3 - перетин А-А датчика натягнення на фіг. 2.

Пристрій для дослідження процесу просочення зразків тканих волокнистих матеріалів складається з плоских затискних елементів 1 і 2 у вигляді траверс для розміщення між ними зразка тканого

матеріалу 3, причому один з елементів 2 сполучений тягою 4 з пружинним датчиком натягнення з шкалою 5 і стрілкою 6 для вимірювання зусилля натягнення.

Через плоскі елементи 1 і 2 перпендикулярно до них проходять дві паралельні горизонтальні різьбові напрямні 7 і 8, плавність переміщення яких забезпечується за допомогою пружин стиснення 9, розташованих з боку сусідньої до датчика натягнення стійки 10.

Напрямні 7 і 8 спираються на стійки 10 і несуть дві жорстко закріплені на них опори 11 і 12 у вигляді траверс, між якими розміщений аксіально з тягою 4 датчик натягнення у вигляді гвинта 13, що спирається на нерухомі опори 11 і 12. На гвинті 13 розміщена пружина стиснення 14, що контактує з опорою 11, розташованою з боку рухомого затискача-траверси 2, і пересувної напрямної втулки 15.

Втулка 15 має можливість горизонтального переміщення вздовж гвинта 13 і сполучена через підпирний підшипник 16 з гайкою 17, розміщеною з боку другої сусідньої до стійки 10 опори 12. На поверхні гвинта 13 на внутрішній поверхні напрямної втулки 15 виконані відповідні поздовжні шпонкові пази (на фіг. 3 не показані) для розміщення в них шпонки 18.

Шкала 5 датчика натягнення розміщена між опорами 11 і 12 і кріпиться (але може бути фіксована до будь-якої з опор 11 або 12) до них гвинтами 19 і 20, а стрілка 6 кріпиться на напрямній втулці 15 гвинтом 21.

Нерухомий плоский затискач 1 фіксується відносно напрямних 7 і 8 гайками 22, а рухомий затискач 2 - гайками 23. Стійки 10 фіксуються на станині 24, на якій розміщена місткість зі сполучним 25, що обігривається. Місткість 25 виконана у вигляді циліндричного дюралевого осередку з вертикальним циліндричним отвором 26 для проходження світлових променів від розташованого над зразком 3 джерела світла 27 (як модульованого, так і демодульованого) з довжиною хвилі від 400 до 700 нм.

Джерело світла 27 виконане з можливістю генерації циліндричного пучка 28 світлового випромінювання змінного діаметру (на фіг. 1 граничні утворюючі циліндричного променя показані штриховою лінією). Між місткістю 25, що обігривається, і станиною 24 розташована для виключення нагріву станини теплоізолююча прокладка 29.

Джерело світла 27 також виконане з можливістю переміщення (як вертикального, так і кутового) відносно приймача світла 30.

Світлове випромінювання, що пройшло через зразок 3, реєструється приймачем 30. Приймач світла 30 виконаний у вигляді фотоелектричних приймачів для вимірювання як прохідного 31, так і відображеного 32 світла (на фіг. 2 їх дві шт.). При цьому приймач світла 30 послідовно сполучений зі засобом для реєстрації величини коефіцієнта направленої світлоперепускання 33, як такий використовувався самописець типу КСП-4 (ГОСТ 7164-66), як і в роботі [14].

Коефіцієнт направленої світлоперепускання K_r обчислюється за формулою:

$$K_r = \frac{\Phi_{пр}}{\Phi_n},$$

де:

$\Phi_{пр}$ - сигнал на виході приймача (30) випромінювання, що пройшло,

Φ_n - сигнал на виході приймача (джерела 27) випромінювання, що подається.

Засіб для реєстрації величини коефіцієнта направленої світлоперепускання 33 послідовно сполучений із засобом для накопичення інформації про величини коефіцієнтів направленої світлоперепускання, світловідбивання, матеріали, що досліджуються, і полімерні сполучні 37, що використовуються.

У місткості 25 (у верхній і нижній її половинах) є штуцери 35 для подачі і зливу теплоносія. Вісь вертикального циліндричного отвору місткості 25, що обігривається, пов'язана з поздовжньою віссю каналу 36 для подачі сполучного, в якому розміщена з можливістю переміщення вздовж каналу 36 місткість зі сполучним 37.

Поздовжня вісь каналу 36 для подачі сполучного розташована під гострим кутом до поверхні зразка 3 з метою локалізації місця нанесення сполучного 37 на поверхню зразка 3, що просочується, в зоні просочення.

Місткість зі сполучним виконана у вигляді дозатора 38 сполучного 37. на кінці якого з боку вертикального циліндричного отвору 26 розташований впорскувальний елемент 39. При цьому як дозатор сполучного використовують калібрований шприц, а як впорскувальний елемент використовують змінні голки із змінним внутрішнім діаметром для регулювання величини натиску (маси) одноразової дози сполучного, що наноситься.

У центральній зоні місткості 25 виконаний горизонтальний проріз 40 для розміщення зразка 3, що досліджується. Зразок 3 фіксується відносно плоских елементів 1 і 2 за допомогою затисків, розташованих всередині плоских елементів (на фіг. 1 і фіг. 2 не показані). Для переміщення зразка 3 при фіксованому натягненні служить гвинт 41 з головою 42.

Як джерело випромінювання 27 використовували лампу галогенну КГМ9-70, як фотодіоди 31 і 32 використовували фотодіоди ФДК-142-01 і ФДК-9Е-111Е.

Для реєстрації світлоперепускання зразка 1 використовувався експериментальний пристрій "Вимірювач світлоперепускання ВСП-8204" (розробник - СКБ наукового приладобудування Інституту механіки полімерів Латвії, м. Рига), що описаний в роботі [14].

Основні параметри вимірювача ВСП-8204:

- діапазон вимірювань коефіцієнта світлоперепускання - від 0,000001 до 0,96;
- межі основної погрішності вимірювання коефіцієнта світлоперепускання, що допускається, становить $\pm 5\%$;
- збіжність вимірювань (за ГОСТ 16263-70) становить 3%;
- чутливість приймачів за коефіцієнтом перепуски в діапазоні довжин хвиль від 400 до 700 нм, не гірше 0,001;
- висока швидкодія (400 вимірювань/с);

- накопичення результатів вимірювань і можливість порівняння з введеними еталонними значеннями;

- можливість вимірювань у статичному і динамічному режимах.

- кут між приймачами відображеного світла (вершиною кута є вісь випромінювача) лежить в межах $90 \pm 2^\circ$;

- діапазон зміни відстані між випромінювачем і приймачем світла, що проходить, складає від 0 до 350 мм;

- діапазон зміни відстані між центрами кожного приймача і випромінювача складає від 5 до 20 мм;

- діапазон регулювання діаметру циліндричного пучка 28 світлового випромінювання на виході оптичної системи 27 складає від 5 до 15 мм;

- діапазон регулювання освітленості на виході оптичної системи складає не менше як 50 разів;

- погрешність установки відстані між центрами приймачів і випромінювача складає не більше $\pm 0,2$ мм;

- швидкість реєстрації на виході кожного фотоприймача складає не менше за 12 вимірів/с.

Пристрій працює таким чином.

Зразок тканини 3, що досліджується, вміщується між плоскими елементами 1 і 2 і в горизонтальному прорізі 40 місткості 25, після чого фіксується відносно плоских затисків 1 і 2. Ширина зразка 3 повинна перевищувати діаметр вертикального циліндричного отвору 26 в місткості 25. Гайки 23 переміщують по напрямним 7 і 8 ліворуч до вільного переміщення рухомого затиску 2 вздовж напрямних 7 і 8.

Переміщенням ліворуч (фіг. 2) гайки 17 по гвинту 13 стискується пружина 13, яка спричиняє переміщення праворуч через тягу 4 рухомого плоского елемента 2, і отже, здійснюється натягнення зразка.

Рухомо втулка 15 переміщається відносно гвинта 13, а стрілка 6 фіксує на шкалі 5 положення рухомого затиску 2 відносно напрямних 7 і 8, тобто зусилля натягнення зразка, що створюється. Переміщенням праворуч гайок 23 фіксується натягнення зразка 3, що створюється.

Після цього через впорскувальний елемент 39 дозатора 38, розташованого в каналі 36, подають на поверхню зразка, нагрітого до температури просочення в зоні просочення, полімерного сполучного 37, заздалегідь створивши за допомогою теплоносія (води, масла), що проходить через штуцер 35 у внутрішню порожнину місткості 25, необхідний температурний режим просочення.

Величину дози полімерного сполучного 37, що подається на поверхню зразка, що просочується, обирають експериментально з урахуванням структурних властивостей зразка 3, фізико-хімічних властивостей полімерного сполучного 37, температури просочення і зусилля натягнення зразка 3.

При освітленні поверхні зразка циліндричним пучком світла діаметр світлової плями на поверхні зразка 3, що просочується, в зоні просочення (що обмежена кордоном циліндричного променя на поверхні матеріалу 3) не повинен перевищувати діаметра плями нанесеного сполучного 37.

Величину дози сполучного 37, що подається на поверхню зразка 3, що просочується, обирають

з урахуванням його товщини, пористості, зусилля натягнення при просоченні, а також капілярно-пористих властивостей і наявності поверхневої обробки волокон, які складають його.

Далі включається джерело світла 27 з генерацією на виході як модульованого, так і демодульованого світла. Світло, що пройшло через зразок 3, реєструється фотоелектричними приймачами 31 і 32 для вимірювання як світла, що пройшло (31), так і світла, що було відображене, або відбилося (32). Приймачі 31 і 32 розташовані в приймачі світла 30.

За допомогою засобу для реєстрації величини коефіцієнта направленої світлоперепускання 33 реєструють величину коефіцієнта направленої світлоперепускання, а також величину коефіцієнта світловідбивання, тобто досліджують кінетику процесу просочення зразка по абсолютній зміні величини світлоперепускання учасі.

Засіб 34 служить для накопичення інформації про коефіцієнти направленої світлоперепускання і світловідбивання, матеріали, що досліджують (в тому числі про їх товщину і зусилля натягнення при просоченні), а також про полімерні сполучні, що використовуються.

Після закінчення реєстрації процесу просочення джерело світла 27 і приймач 30 вимикають, плоскі затиски 1 і 2 разом із зразком 3 переміщують праворуч (обертаючи гвинт 41 за головку 42) до моменту розміщення в горизонтальній проєкційній площині вертикального циліндричного отвору 26 ділянки зразка 3, що не просочилася, і знову проводять дослідження за вищезгаданою послідовністю. При цьому наявність пружин 9 сприяє плавному дозованому переміщенню зразка 3 відносно оптичного отвору 26.

Далі проводять переобладнання пристрою на ефективні режими просочення, тобто на такі режими, при яких величини коефіцієнтів направленої світлоперепускання, виміряні при тотожних умовах просочення для одного і того ж матеріалу, відрізняються неістотно (своєрідні "еталони" процесу просочення).

Для цього проводять варіацію відстані між джерелом світла 27 і приймачем світла 30, визначаючи для даного діаметра світлового випромінювання, типу матеріалу, його натягнення, дози сполучного, що наноситься, і його температури значення коефіцієнтів світлоперепускання.

Після цього при "еталонних" параметрах процесу просочення проводять дослідження однотипного матеріалу з іншої партії.

При використанні пристрою, що пропонується, на одному зразку можна провести багаторазове дослідження кінетики просочення до моменту зіткнення нерухомого плоского затиску 1 з бічною поверхнею місткості 25. Кількість вимірів на зразку 3 лімітується тільки його довжиною, діаметром краплі сполучного і відстанню від нерухомого затиску 1 до бічної поверхні місткості 25.

Це дозволяє отримувати статистичне достовірні результати внаслідок наявності великої вибірки кінетичних кривих для одного зразка і часткової автоматизації вимірювань.

Як матеріал зразка використали скловолокнисті тканини марки Т-10-80 (ГОСТ 19170-73) і ЕЗ-200 (ГОСТ 19907-74) фіксованої товщини

$0,23 \cdot 10^{-3}$ м і $0,22 \cdot 10^{-3}$ м, відповідно. Довжина зразка становила 0,2 м, ширина (для локалізації крайових ефектів, виникаючих при розтягненні зразка) становила 0,04 м. Температура просочення становила $40-50^{\circ}\text{C}$. Діаметр світлового отвору 26 становив 15 мм, а діаметр краплі сполучного на поверхні зразка 3 в зоні просочення - 15-20 мм. Внутрішня поверхня циліндричного отвору 26 була викрашена учорний колір.

Для порівняння досліджували кінетичні параметри просочення (час, швидкість і міра просочення) 10 одиночних зразків (5 вимірів на зразок) у пристрої за прототипом і 10 зразків для кожного з 5 вимірів у пристрої, що пропонується. При цьому помилка при реалізації пристрою прототипу становила 15-20%, а запропонованого пристрою - 5-10%.

Пристрій, що пропонується, є компактним і простим в експлуатації. Навантажувальний пристрій може бути легко демонтований (при виготовленні складових горизонтальних різьбових напрямних), не впливаючи на зафіксоване зусилля натягнення зразка. Це має важливе значення при температурі затвердження препрегу, що перевищує 50°C .

Використання запропонованого пристрою дозволяє заздалегідь, в лабораторних умовах, вибрати найбільш ефективні наповнювачі і просочувальні склади для них, а також підібрати оптимальні умови просочення для отримання якісних матеріалів. Це значно скорочує непродуктивні витрати праці і часу при проектуванні засобів просочення як для конструкторів-проектувальників, так і для технологів. Це особливо важливо при проектуванні нових технологічних процесів за умов зміни рецептур і технологічних режимів.

У цей час виготовлений лабораторний варіант пристрою.

Джерела інформації:

1. Заславский Н.Н., Сычева В.А., Баранник И.Е., Молчанова Р.Н. Установка для оценки степени пропитки волокнистых наполнителей. Авторское свидетельство СССР № 1212623. МКИ В05С3/02. Оpubл. в Б. И. № 7, 1986.

2. Колосов А.Е., Шкарапуа Л.М., Нагнибеда И.Е., Харченко Е.Ф., Меркулов В.Д., Бурдин Е.А., Пристайлов С.О., Колосов В.Е. Способ исследования процесса пропитки тканых волокнистых материалов и устройство для его осуществления. Авторское свидетельство СССР № 1815608. МКИ G01N33/36, G01N15/08. Оpubл. в Б. И. № 18, 1993.

3. Шалун Г.Б. Сурженко Е.М. Слоистые пластики. - Л.: Химия, 1978. - 232 с.

4. Плоткин Л.Г. Технология и оборудование пропитки бумаги полимерами. - М.: Лесная промышленность, 1985. - 120 с.

5. Воюцкий С.С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых материалов дисперсиями полимеров. - Л.: Химия, 1969. - 336 с.

6. Порхаев А.П. Кинетика впитывания жидкости элементарными капиллярами и пористыми материалами // Коллоидный журнал. - 1949. - Т. 11, № 5. - М. 346...353.

7. Аксельруд Г.А., Альтшулер М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию. - М.: Химия, 1983. - 264 с.

8. Чизмаджев Ю.А., Маркин В.С., Тарасевич М.Р., Чирков Ю.Г. Макрокинетика процессов в пористых средах. - М.: Наука, 1971. - 364 с.

9. Шейдеггер А.Э. Физика течения жидкости через пористые среды. М.: Наука, 1960. - 196 с.

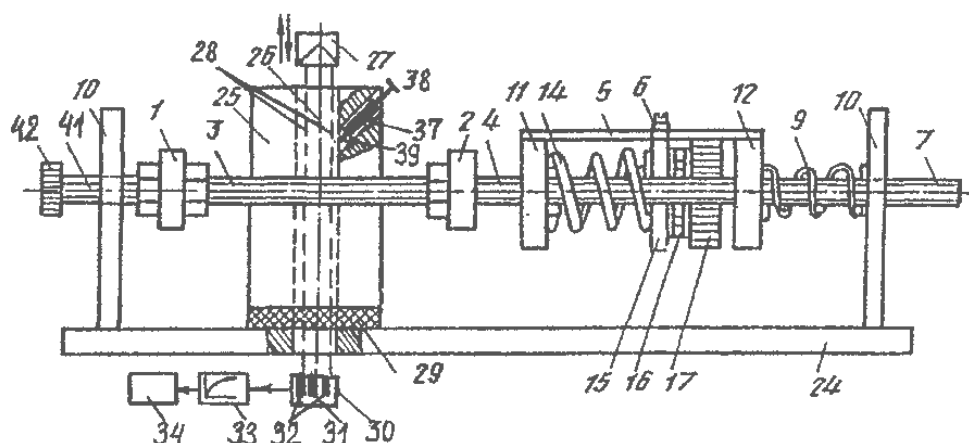
10. Цыплаков О.Г. Научные основы технологии композиционно-волокнистых материалов. - Пермь, 1974. - 317 с.

11. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. - М., 1954. - 296 с.

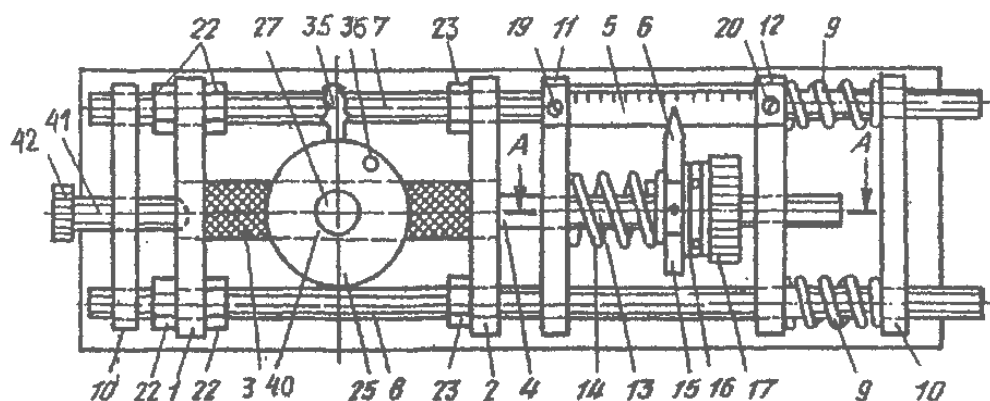
12. Пегловский В.Л., Ивина А.В. Оборудование для пропитки и сушки рулонных материалов. Обзорная информация. Цинтихимнефтемаш, М., 1984. - 38 с.

13. Корсунский Л.М., Басин В.Е., Аснович Л.З. Методы изучения пропитки пористых материалов // Электротехническая промышленность. Сер. Электротехнические материалы. - 1975. - № 7 (60). - С. 3-5.

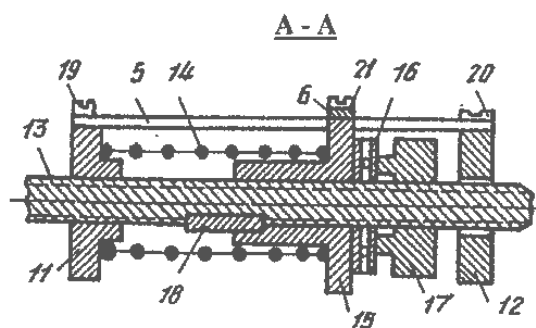
14. Сандалов А.В., Демиденко Б.Я., Абрамчук С.С. Оптический контроль поврежденности органоуглевод // Механика композитных материалов. - Рига, 1983. - № 1. - С. 167-169.



Фиг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22