

Корисна модель належить до виробництва композитних матеріалів, а саме до процесів безперервного просочення армувальних волокон або ровінгів синтетичними полімерними смолами.

Зокрема, корисна модель може бути використана для отримання намотувальних та пултрузійних композитних виробів.

Вироби з композитних матеріалів все більше витісняють вироби з традиційних матеріалів в силу своїх очевидних переваг, зокрема досить високих характеристик міцності при зниженій масі конструкції. Так, наприклад, корпуси та обшивка різноманітних технічних засобів, таких як транспортні засоби, літальні апарати і т. п., які раніше в основному виготовлялись з металевих сплавів, зараз масово виготовляють з композитних матеріалів. Проте, при застосуванні технологій формування виробів з композитних матеріалів, більш перспективних порівняно з традиційними, особливу увагу слід приділяти покращенню міцнісних параметрів таких виробів.

При виготовленні композитних виробів, армованих волокном, їх міцнісні характеристики залежать від отриманої структури матеріалу, зокрема від пористості готового композитного матеріалу. З рівня техніки відомі різноманітні спроби знизити пористість матеріалу та, відповідно, підвищити міцність готового виробу.

Так, з патенту на винахід US 5439635 A (SCRIMP SYSTEMS, LLC), опублікованого 08.08.1995, відомий пристрій для формування армованих волокном композитних виробів, в якому просочення шару армувального волокна здійснюють шляхом подавання у форму твердіючої еластомерної смоли для просочення волокон з одночасним їх вакуумуванням. Відомий пристрій містить вакуумний мішок з гнучкого матеріалу з вбудованим засобом розподілу смоли, закріплений на жорсткій формі у вигляді піддону.

Недоліком відомого пристрою є недостатня дегазація смоли та підвищене утворення пор при формуванні виробу. Іншим недоліком є здатність просочення волокон лише незначної, обмеженої довжини та, відповідно, неможливість застосування цієї технології для просочування волокон значної або необмеженої довжини, в тому числі, для отримання намотувальних та пултрузійних виробів.

З патенту на винахід CN 1240534 C (HARBIN POLYTECHNIC UNIV.), опублікованого 08.02.2006, відомий пристрій для просочування армувальних волокон синтетичною смолою шляхом ультразвукової обробки волокон і смоли всередині порожнини форми під час заповнення смолою форми в процесі лиття під тиском. Ультразвукова обробка виконується з частотою від 40 до 60 кГц, що спричиняє виникнення ефекту акустичної кавітації та усунення надлишкових бульбашок у смолі. Крихітні бульбашки у рідині смоли активуються під дією низькочастотного ультразвуку високої інтенсивності, що проявляється у вигляді серії динамічних процесів вібрації, зростання, стиснення та руйнування ядер бульбашок. Ефект кавітаційних бульбашок створює миттєвий ударний тиск та локальну високу температуру, що викликає швидкий рух молекул. При цьому поліпшується змочуваність смолою волокнистого армування, а швидкість змочування при просочуванні збільшується приблизно на 30 %. Таким чином, в цілому зменшується пористість композитного матеріалу. Пристрій включає резервуар для зберігання газу, резервуар для зберігання смоли, форму, резервуар для збору смоли і вакуумний насос, гумову трубу, з'єднану між вищезазначеними пристроями, а також ультразвуковий пристрій, розташований під формою.

Недоліками відомого пристрою є неможливість просочування волокон значної або необмеженої довжини, зокрема для отримання намотувальних та пултрузійних виробів, низька продуктивність просочування матеріалу через переривчастий режим обробки та підвищені енерговитрати внаслідок використання пристрою для генерації ультразвукового випромінювання.

Найближчим аналогом до корисної моделі є відомий з патенту на винахід US 3556888 A (GLASTRUSIONS INC.), опублікованого 19.01.1971, пристрій для безперервного формування волокнистого армованого пластикового полімерного матеріалу, за допомогою якого здійснюють просочення волокнистого матеріалу у вигляді множини окремих пучків сухих волокон шляхом їх безперервного подавання до станції просочення, в яку безперервно та під тиском подають рідкий синтетичний термореактивний полімерний матеріал та безперервно вводять рідкий отверджувач (каталітичний матеріал), для утворення рідкої каталізованої суміші. Таким чином утворюють безперервний просочений невулканізований матеріал, який формують шляхом видалення надлишку зазначеної каталізованої суміші та подають на станцію формування та вулканізації, де незатверділу масу остаточно формують та піддають впливу хвильової енергії за допомогою матричної трубки, що вібрує ультразвуком, завдяки чому забезпечують більш ретельне змочування армувального волокна смоляною матрицею та більший ступінь усунення як захопленого, так і розчиненого повітря внаслідок кавітації бульбашок на вхідному кінці матричної трубки. Відомий пристрій містить раму, тягову головку, блок шпульок з ровінгом, ємність для рідкої синтетичної смоли, бачок для рідкого отверджувача, компонувальну трубку з розширеним вхідним кінцем і множиною каналів та отворів для введення смоли та отверджувача, причому компонувальна трубка містить розміщену в центрі торпеду з утворення проходу у формі трубки Вентурі, що сприяє прискоренню та зменшенню опору протягуванню ровінгу. Відомий пристрій також містить розміщену за компонувальною трубкою по ходу руху заготовки формувальну матрицю (матричну трубку), охоплену кожухом, яка знаходиться в

екранованому відсіку, з'єднаному, в свою чергу, з джерелом радіочастотних або мікрохвиль. Формувальна матриця жорстко сполучена з джерелом вібрації, здатним чинити вібраційний вплив на заготовку в звуковому або ультразвуковому діапазоні, переважно у осьовому або поздовжньому напрямку.

Відомий з US 3556888 А пристрій дозволяє проводити змочування та просочування волокон значної або необмеженої довжини, однак його недоліками є недостатня дегазація матеріалу через відсутність вакуумування та енергонефективність, оскільки потрібні значні затрати енергії для забезпечення радіочастотного або мікрохвильового, а також вібраційного впливу на заготовку для забезпечення кавітаційної обробки незатверділого матеріалу. Іншим недоліком є складність конструкції пристрою, в якому просочування ровінгу відбувається в компоувальній трубці, а його дегазація - в матричній трубці, тобто в двох послідовно розміщених окремих вузлах.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для просочення армувальних волокон або ровінгів синтетичною полімерною смолою, який би дозволив усунути вищезгадані недоліки, відомі з рівня техніки.

Також, задача даної корисної моделі полягає у створенні пристрою для безперервного просочення ровінгів необмеженої довжини синтетичною полімерною смолою з забезпеченням покращеної дегазації смоли і ровінгу для зменшення пористості заготовки та підвищення міцності композитного виробу, в якому застосована більш енергоефективна та проста технологія кавітаційної обробки матеріалів.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для просочення ровінгу синтетичною полімерною смолою, який містить блок шпульок з волокнами ровінгу, систему подачі синтетичної полімерної смоли, систему протягування ровінгу сухого та ровінгу просоченого, згідно з корисною моделлю, додатково містить відрізок трубопроводу, який має форму трубки Вентурі з встановленим у ньому кавітатором, вакуумну камеру, сполучену з суперкавітаційною каверною робочої ділянки відрізка трубопроводу.

Кавітатор встановлений на виході з конфузornoї ділянки та на початку прямої робочої ділянки трубки Вентурі з можливістю утворення у потоці синтетичною полімерною смоли суперкавітаційної каверни.

Кавітатор встановлений у прямій робочій ділянці трубки Вентурі з можливістю утворення у потоці синтетичною полімерною смоли суперкавітаційної каверни.

Суперкавітаційна каверна сполучена з сепаратором і через трубку кавітатора з вакуумною камерою, в якій розміщений блок шпульок з волокнами ровінгу.

Відрізок трубопроводу у формі трубки Вентурі вбудований в циркуляційний контур подачі синтетичної полімерної смоли з циркуляційним насосом.

За відрізком трубопроводу у формі трубки Вентурі у напрямку руху ровінгу встановлена вихрова камера, сполучена з сепаратором, з можливістю відокремлення газів з подальшим їх видаленням у вакуумну систему та повернення смоли у циркуляційний контур.

Додатково містить відтискні ролики, встановлені з можливістю видаляти з ровінгу надлишок смоли.

Застосований ровінг з вуглецевих волокон, а як синтетична полімерна смола застосована епоксидна смола.

Корисна модель забезпечує технологію безперервного просочення ровінгу, яка має наступні переваги:

- зменшення пористості композитного матеріалу, оскільки відбувається комплексна дегазація шляхом одночасного впливу кавітацією та вакуумуванням;
- підвищення енергоефективності виробничого процесу, оскільки замість кавітації від акустичного хвильового або мікрохвильового впливу застосовано гідродинамічну кавітацію; та
- спрощення конструкції, яке досягається здійсненням сполучення матеріалів, їх просочування та дегазації у одному вузлі.

Суть корисної моделі пояснюють креслення, на яких зображено:

на фіг. 1 показане схематичне зображення пристрою для просочення ровінгу синтетичною полімерною смолою, відповідно до першого варіанту здійснення заявленої корисної моделі, в якому кавітатор встановлений на виході з конфузornoї ділянки та на початку прямої робочої ділянки трубки Вентурі;

на фіг. 2 - схематичне зображення пристрою для просочення ровінгу синтетичною полімерною смолою, відповідно до другого варіанта здійснення заявленої корисної моделі, в якому кавітатор встановлений у прямій робочій ділянці трубки Вентурі;

на фіг. 3 - схематичне зображення пристрою для просочення ровінгу синтетичною полімерною смолою, відповідно до першого варіанта здійснення заявленої корисної моделі, з більш видовженою суперкавітаційною каверною та іншим розміщенням зони колапсу кавітаційних бульбашок.

Позначення на кресленнях:

1 - шпулька

2 - блок розміщення шпульок

- 3 - вакуумна камера
- 4 - вакуумний насос
- 5 - ровінг сухий
- 5' - ровінг просочений
- 6 - трубка кавітатора
- 7 - кавітатор
- 8 - конфузор
- 9 - робоча ділянка
- 10 - дифузор
- 11 - суперкавітаційна каверна
- 12 - вихрова камера
- 13 - блок відтиску ровінга
- 14 - відтискний ролик
- 15 - циркуляційний насос
- 16 - теплообмінник
- 17 - ємність для в'язучого
- 18 - насос підживлення в'язучого
- 19 - сепаратор
- 20 - клапан регулювальний
- 21 - кран регулювальний
- 22 - триходовий клапан регулювальний
- a - відведення газу
- b - підведення охолоджувача
- c - відведення охолоджувача

Пристрій для просочення ровінгу, більш переважно з волокон, синтетичною полімерною смолою, більш переважно епоксидною смолою, містить розміщений у вакуумній камері 3 блок 2 розміщення шпульок з армувальними волокнами (фіг. 1). Блок 2 розміщення шпульок встановлений у вакуумній камері 3, зв'язаний з вакуумним насосом 4. У блоці 2 розміщення шпульок може бути розміщена різна кількість шпульок 1, залежно від товщини волокон та їх кількості у ровінгу, наприклад може бути чотири, шість або вісім шпульок 1. Вакуумна камера 3 з'єднана з трубою 6 кавітатора, на кінці якої встановлений кавітатор 7 гідродинамічного типу. Трубка 6 кавітатора з кавітатором 7 введені у відрізок трубопроводу, який має форму трубки Вентурі, в якому здійснюється сполучення, просочення та дегазація ровінгу (ровінгу 5 сухого) та синтетичної полімерної смоли. Відрізок трубопроводу у форму трубки Вентурі складається з конфузора 8, прямої робочої ділянки 9, дифузора 10 та є частиною трубопроводу циркуляційного контуру (на кресленні не позначений) подачі в'язучого, який також включає циркуляційний насос 15 для подачі в'язучого та, встановлений перед ним, теплообмінник 16 з підведенням b та відведенням c охолоджувача. Дифузор 10 з'єднаний з вихровою камерою 12, яка, в свою чергу, з'єднана з блоком 13 відтиску ровінга. Знизу вихрова камера 12 через триходовий клапан 22 регулювальний з'єднана з теплообмінником 16, замикаючи циркуляційний контур подачі в'язучого, та з насосом 18 підживлення в'язучого, який через кран 21 регулювальний з'єднаний з ємністю 17 для в'язучого, яка, в свою чергу, сполучена з робочою ділянкою 9 трубки Вентурі. Зверху вихрова камера 12 має засоби для відведення a газу та через клапан 20 регулювальний з'єднана з сепаратором 19, який, в свою чергу, через крани 21 регулювальні з'єднана з робочою ділянкою 9 та з вакуумним насосом 4.

У першому варіанті реалізації корисної моделі, кавітатор 7 встановлений на виході з конфузора 8 та на початку прямої робочої ділянки 9 трубки Вентурі (фіг. 1 та 3).

У другому варіанті реалізації корисної моделі, кавітатор 7 встановлений у прямій робочій ділянці трубки Вентурі (фіг. 2).

Блок 2 розміщення шпульок за допомогою вакуумного насоса 4 вакуумують, після чого армувальні волокна змотуються зі шпульок 1 та, сполучаючись, формуються у ровінг 5 сухий, який за допомогою системи протягування ровінгу (на кресленні не показана) протягується крізь трубку 6 кавітатора, кавітатор 7 та надходить у суперкавітаційну каверну 11, яка формується у робочій ділянці 9 трубки Вентурі внаслідок перепаду тиску при виході потоку в'язучого (синтетичної полімерної смоли) з конфузора 8 та при взаємодії потоку з кавітатором 7. У хвостовій частині суперкавітаційної каверни відбувається колапс кавітаційних бульбашок та утворення кумулятивних мікроструменів, які інтенсифікують просочення ровінгу та здійснюють дегазацію як в'язучого, так і ровінгу. При цьому, за допомогою вакуумного насоса 4 проводиться вакуумування суперкавітаційної каверни 11 через трубку 6 кавітатора для посилення дегазації матеріалів. Ровінг 5' просочений надходить у вихрову камеру 12 і далі у блок 13 відтиску ровінга, в якому відтискні ролики 14 видаляють з нього надлишок в'язучого, після чого ровінг 5' просочений подається на формування намотувальних або пултрузійних композитних виробів (на кресленні не показано).

В'язуче після вихрової камери 12 знову надходить в циркуляційний контур, охолоджується у

теплообміннику 16 та за допомогою циркуляційного насоса 15 через клапан 20 регулювальний (електрозасувку) подається до відрізка трубопроводу у формі трубки Вентурі. У разі необхідності з ємності 17 для в'язучого насосом 18 підживлення в'язучого через триходовий клапан 22 регулювальний здійснюється підживлення в'язучим циркуляційного контуру. Залишки в'язучого, які утворились після блока 13 відтиски рівінга також направляються (на кресленні не показано) у циркуляційний контур. У верхній частині вихрової камери 12 за допомогою вакуумування здійснюється відведення а газу, а частинки матеріалу потрапляють у сепаратор 19, з якого вводяться в зону робочої ділянки 9 трубки Вентурі.

Забезпечується підвищена якість просочення та підвищена міцність композитних виробів шляхом:

- дегазації смоли та волокна одночасно;
- інтенсифікації проникнення смоли в серцевину рівінга за рахунок кумулятивних мікроструменів (глибоке просочення);
- зниження пористості виробу;
- економії вуглеволоконних матеріалів.

Ступінь просочення рівінгу становить  $>98\%$ . Пористість -  $<0,5\%$ . Міцність виробу на згин збільшена на 32-35 %. Витрати вуглецевого волокна зменшені на 25-30 %.

Запропонована технологія просочення рівінгу економічно ефективна за рахунок зменшення витрат матеріалів.

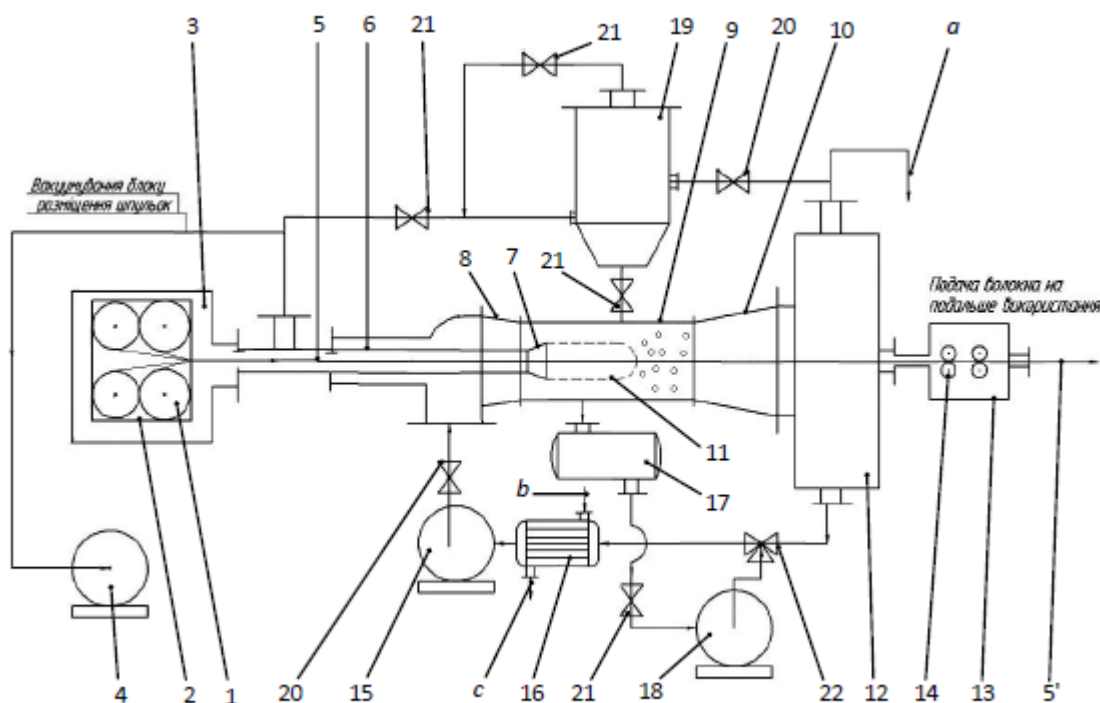


Fig. 1

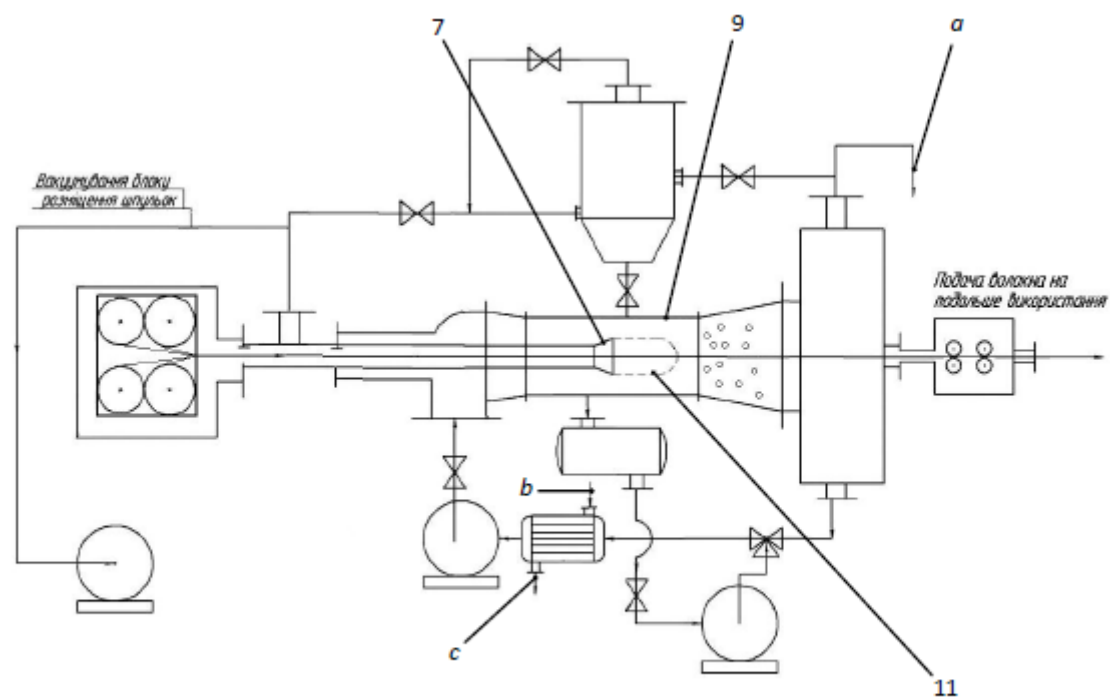


Fig. 2

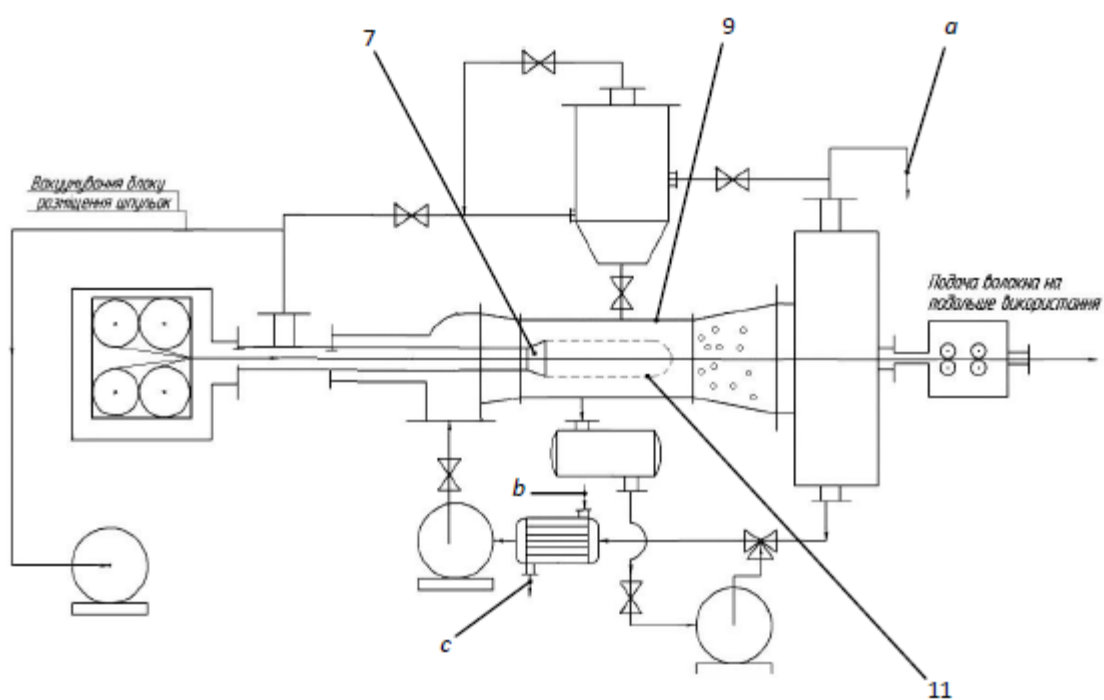


Fig. 3