



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **143061** (13) **U**
(51) МПК (2020.01)
B23B 35/00
B32B 3/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2020 00165	(72) Винахідник(и): Мурашкін Євгеній Іванович (UA), Ніколаєвський Станіслав Володимирович (UA), Подобний Олександр Віталійович (UA), Ушакова Анжела Миколаївна (UA), Хиценко Юрій Петрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 10.01.2020	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2020	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2020, Бюл.№ 13	(73) Власник(и): ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ЗАПОРІЗЬКЕ МАШИНОБУДІВНЕ КОНСТРУКТОРСЬКЕ БЮРО "ПРОГРЕС" ІМЕНІ АКАДЕМІКА О.Г. ІВЧЕНКА", вул. Іванова, 2, м. Запоріжжя, 69068 (UA)

(54) СПОСІБ ВИКОНАННЯ СИСТЕМИ ОТВОРІВ У БАГАТОШАРОВІЙ ЗАГОТОВЦІ

(57) Реферат:

Спосіб виконання системи отворів у багатошаровій заготовці являє собою тришарову композитну конструкцію, перший і другий шари якої розміщені перший напроти другого, а третій шар - між першим і другим шарами, причому спосіб включає виконання в багатошаровій заготовці напрямних отворів, а потім системи отворів меншого діаметра співвісно з напрямними отворами. Перший і другий шари заготовки являють собою гофровані листи, що зв'язані клейовим з'єднанням із третім шаром, виконаним у вигляді прокладки, й утворюють при з'єднанні закриті й відкриті канали. При цьому напрямні отвори виконані на площадках гофрів закритих каналів першого шару заготовки по математичній моделі, а потім інструментом з кільцевим паском поза ріжучою частиною, рівним діаметру напрямного отвору, через наявні напрямні отвори виконують в прокладці систему отворів, при цьому кільцевим паском інструмент фіксується в напрямному отворі закріпленої заготовки.

UA 143061 U

UA 143061 U

Корисна модель належить до способу виконання системи отворів (перфорацій) у заготовках, що мають багатошарову конструкцію, зокрема до способу свердлення отворів у прокладці, розташованій між двома шарами гофрованих листів заготовки, що входить до складу звукопоглинальної конструкції (ЗПК) турбореактивного двоконтурного двигуна (ТРДД).

У статті "Исследования и оптимизация выбора звукопоглощающих конструкций" (Постнов В.И., Вязин В.Н, Вешкин Е.А. // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2011. № 3(27). С. 55-64) представлені результати дослідження впливу структури ЗПК на рівні шуму літаків ТУ-204 й Ан-124 (літак Ан-124 "Руслан" із чотирма двигунами Д-18Т серії 3 розробки ДП «Івченко-Прогрес», загальна площа панелей ЗПК на одному двигуні становить 8,5 м², ЗПК одномодальні з полімерним стільниковим заповнювачем).

Літаки ТУ-204 і Ан-124 пройшли сертифікацію за рівнем шуму на місцевості у відповідності зі стандартом ІКАО, але з мінімальним запасом.

Проведений аналіз показав необхідність виконання робіт з підвищення ефективності ЗПК у напрямку застосування нових матеріалів, оптимізації ступеня перфорації, застосування ефективних заповнювачів.

Для зниження рівня шуму на місцевості літака Ан-124 та забезпечення вимог стандарту ІКАО двигуни Д-18Т серії 3 було модернізовано в серію 3М, де застосовані двомодальні ЗПК із тришаровим гофрованим заповнювачем з полімерних композитів.

Заповнювач (багатошарова заготовка) із заданими характеристиками з міцності входить до складу ЗПК як складальна одиниця: формується склеюванням між собою трьох окремих листів з моношарів полімерного композита, два з яких - гофровані листи двох типорозмірів, третій шар - звукопроникна прокладка між ними.

Звукопроникність прокладки може бути закладена як у її вихідному стані (сітка, звукопроникна тканина або пористий шар полімерного композита); так і виконана в заготовці (заповнювачі) після склеювання разом усіх її складових.

Однак у багатошаровій заготовці при використанні прокладки зі звукопроникністю у вихідному стані ефективність прокладки значно знижується в результаті перекриття звукопроникних елементів (пористості тканини або заздалегідь виконаних у прокладці отворів) при склеюванні із профільними (зокрема, гофрованими) листами.

Відомо, що звукопроникність прокладки значною мірою визначає акустичну ефективність багатошарової заготовки й ЗПК в цілому. Тому встала проблема забезпечення звукопроникності прокладки в зібраній заготовці після склеювання окремих її складових шляхом свердлення отворів зі збереженням вихідних характеристик з міцності заготовки в цілому.

Згадана тришарова заготовка являє собою гофровані листи в клейовому з'єднанні із прокладкою, які формують кільцеві паралельні канали, що чергуються, з утворенням фронтної та тилової зони ЗПК у вигляді закритих каналів з формою чотирикутника в поперечному перерізі, а також у вигляді відкритих каналів з П-подібною або трапецеїдальною формою. Висоти гофрів фронтної й тилової зони мають розрахункові співвідношення. Міцність клейових з'єднань забезпечена технологічними процесами склеювання (підготовка поверхні до склеювання відомими способами, контроль якості клейового складу й нанесення його на поверхні склеювання, режими склеювання та полімеризації). На зібраній заготовці (склеєному заповнювачі) у прокладці механічним шляхом здійснюються отвори перфорації. З урахуванням складності профілю, розмірів і висоти гофрів заготовки виконання отворів супроводжується технологічними труднощами зі значною трудомісткістю робіт і можливими розшаруваннями в клейових з'єднаннях. Свердлення отворів проводиться послідовно, як мінімум за дві установки заготовки, через відкриті канали фронтної, потім тилової або тилової, а потім фронтної зони ЗПК із додатковими переналагодженнями заготовки й оснащення для свердління. При цьому оснащення індивідуальне, зі складним профілем.

При свердленні отворів поступальним рухом і обертанням інструмента в зоні свердління підвищується температура, виникають зусилля, що приводять до деформації (вигин, прогин) елементів заготовки, прояву термічних і механічних напруг, що порушують суцільність зі значною втратою вихідної міцності клейових з'єднань. На якість перфорації впливає ворсистість - часто розташовані, неповністю вилучені з обробленої поверхні отворів волокна полімерного композита. Значна ворсистість приводить до зниження акустичних характеристик ЗПК (на волокнах осаджується пил, зменшується звукопроникність прокладки).

З рівня техніки відомий спосіб і пристрій виготовлення композитної панелі з перфорованим внутрішнім шаром по патенту RU 2 499 672 (МПК В32В 5/28, В32В 7/12, В32В 38/04; конвенційний пріоритет 31.03.2008 (FR)).

Винахід належить до композиційних матеріалів і стосується композитної панелі з перфорованим внутрішнім шаром, пристрою та способу її виготовлення. Описувана панель

містить два волокнисті шари й внутрішній шар, розміщений у проміжному обсязі між цими двома шарами, і пов'язаний з ними за допомогою сполучного матеріалу, що затвердіє. У внутрішньому шарі сформовані виїмки (перфорація).

Внутрішній шар може складатися з пінопласту, а також із двох композитних пластин із прокладкою між ними. Виїмки у внутрішньому шарі являють собою перфорацію діаметром від 0,5 мм до 2,67 мм, розташовану в рядок або в шаховому порядку на глибину, менше товщини шару. Спосіб реалізується шляхом пробивання голками, фрезерування або вирізання отворів у внутрішньому шарі. Поверхня шару може бути не плоскою, отвори можуть бути перпендикулярними або похилими до площини панелі, виконуються на спеціалізованому технологічному устаткуванні.

Суть винаходу представлена панеллю, внутрішній шар якої - пінопласт із прикладами розташування системи отворів (перфорацій). Перфорація виконується пробиванням голками, закріпленими в оснащенні.

Винахід забезпечує створення міцних композитних панелей з можливістю широкого вибору компонентів волокнистих поверхневих шарів і компонентів внутрішнього шару, однак має ряд недоліків:

плоска композитна панель із внутрішнім шаром з пінопласту з перфорацією, що виконується пробиванням голками, забезпечує необхідні механічні властивості тільки при позитивній температурі навколишнього середовища - внутрішній шар з пінопласту має значне вологовбирання, що може приводити до руйнування панелі при негативних температурах навколишнього середовища;

для перфорації внутрішнього шару фрезеруванням або вирізанням устаткування й оснащення значно ускладнюються - замість поступального руху голок необхідно забезпечити обертально-поступальний рух інструмента;

перфорація голками композитного внутрішнього шару незастосовна - голки частково пробивають отвори, але здебільшого розсовують волокна в композитному шарі - одержати отвори потрібного діаметра проблематично;

зовнішні волокнисті шари полімерного композита мають низьку ерозійну стійкість, що при роботі в реальних умовах приведе до їхнього значного зношування із втратою робочих характеристик панелі в цілому.

Відомий спосіб виконання перфорованої композитної панелі (патент GB 2 506 508, МПК В32В 38/04, В23В 41/16, В32В 3/24; заявка від 07.08.2013), що містить підкладку з безліччю отворів (перфорований лист) і нанесений шар (заповнювач). На підкладку встановлюється шар так, що поверхня шару перекриває поверхню підкладки, утворюючи композитну панель із криволінійною поверхнею. Панель розміщується у пристрої, і через отвори в підкладці свердлінням через кондуктор формуються похилі отвори в нанесеному шарі (заповнювачі). При цьому проблематично забезпечити якість перфорації в нанесеному шарі (похилі отвори на криволінійній поверхні).

У рівні техніки слід згадати технічне рішення по патенту RU 2 675 878 (МПК В23В 35/00, В23В 51/00; конвенційний пріоритет 22.01.2014 (US)), що належить до систем і способів формування отвору в стопі. Стопа являє собою багатошарову конструкцію з листів різних матеріалів, що містить, принаймні два шари матеріалу й отвір, який проходить через один або всі шари.

Розглянутий спосіб обробки отворів у багатошаровій конструкції (стопі) включає наявність обертаючого різального інструмента різної конфігурації із просуванням у стопу для формування отвору необхідного діаметра. Ріжучі частини спеціального інструмента можуть мати різні зносостійкі покриття для забезпечення якісного виконання отворів у багатошаровій конструкції з листів різних матеріалів. При цьому розглянуте технічне рішення має недоліки, серед яких:

складна система й способи формування отворів у стопі, зокрема орбітальне обертання інструмента;

складений (має різні діаметри) інструмент зі зносостійкими покриттями ріжучої частини для кожного типу стопи;

отвори складеним інструментом виконуються послідовно від меншого до більшого діаметра.

Найбільш близьким аналогом, що заявляється, може бути рішення по патенту RU 2 667 558 (МПК В32В 35/00, В23В 39/16, В23С 1/08; конвенційний пріоритет 17.02.2016 (US)). У зазначеному патенті представлені способи виконання отворів у заготовці, що призначені для зменшення розшарування багатошарової конструкції під час виходу різального інструмента. Композитна заготовка може містити в собі перший і другий шари, а також третій шар, розміщений між першим і другим шарами. При цьому шари зв'язано один з одним і утворено багатошарову заготовку. Відсутність розшарувань між шарами (порушення зв'язку) при

свердлінні забезпечується наявністю фаски навколо отвору в крайньому шарі заготовки. Разом із цим забезпечується плавність виходу різального інструмента з останнього шару заготовки, і зв'язок між шарами не порушується. Варіанти способу виконання отворів у заготовці включають послідовне виконання отворів різних діаметрів, а також фасок із застосуванням різального інструмента широкої номенклатури (свердла, фрези, розвертки). Однак описувана багат шарова композитна заготовка може містити у своєму складі другу поверхню, яка по суті

закрита й недоступна для інструмента з боку першої поверхні, що вимагає додаткові операції й інструмент для виконання отворів у даній заготовці.

Описані способи виконання отворів у заготовці й пов'язані із цим системи включають сучасні технології, що забезпечують якість виконання робіт із застосуванням автоматизованих систем, однак мають ряд недоліків:

шари багат шарової заготовки (у тому числі з композитів) з різними фізико-механічними властивостями (теплопровідність, пружність, термічне розширення) при свердлінні (з підвищенням температури в зоні різання) викликають напруги, що будуть сприяти виникненню розшарувань;

при свердлінні заготовки із шарами з різнорідних матеріалів необхідне регулювання режимів обробки (швидкість, подача) при вході й виході інструмента із шарів з різним рівнем механічних властивостей;

система обробки отворів у заготовці (робот, контролер, свердлильний верстат) дорога та вимагає спеціалізованого встаткування й значної номенклатури різального інструмента (свердла, фрези, розвертки);

закрита поверхня недоступна для інструмента при виконанні отворів за одну установку заготовки, необхідне багаторазове переналагодження встаткування й оснащення.

Задачею корисної моделі є створення ефективного способу виконання перфорацій у прокладці за одну установку багат шарової скріпленої клейовими з'єднаннями заготовки зі збереженням у ній вихідних характеристик з міцності та монолітності (відсутність розшарувань у клейових з'єднаннях), із забезпеченням якості перфорацій (відсутність ворсистості, задирок, еліпсності), а також зі зниженням загальної трудомісткості виготовлення ЗПК.

У результаті проведених робіт авторами був запропонований спосіб виконання системи отворів у прокладці багат шарової заготовки за одну її установку, що виключає розшарування й втрату міцності в клейових з'єднаннях, а також забезпечує якість і економічність виконання робіт.

Поставлена задача вирішується тим, що заготовка являє собою тришарову композитну конструкцію. Перший і другий шари розміщені перший напроти другого й виконані у вигляді гофрованих листів, зв'язаних клейовим з'єднанням із третім шаром, розміщеним між першим і другим шарами й виконаним у вигляді прокладки. При цьому утворюються закриті й відкриті канали. На площадках гофрів закритих каналів першого шару заготовки по математичній моделі виконані напрямні отвори. Багат шарову заготовку із напрямними отворами закріплюють відомими способами через пористу прокладку в коробчастому ложементі з утворенням жорсткого пакета й виключенням деформації заготовки. Потім через наявні напрямні отвори в прокладці інструментом з кільцевим паском поза ріжучою частиною, діаметр якого дорівнює діаметру прямого отвору, виконують систему отворів з фіксацією його кільцевого паска в прямому отворі. При цьому діаметр прямого отвору складає від 1,8 до 2,0 діаметра отворів, що виконуються у прокладці заготовки.

Корисна модель, що заявляється, пояснюється кресленнями:

Фіг. 1 - фрагмент закріпленої в пакеті багат шарової заготовки з варіантами виконання системи отворів (перфорацій) у прокладці;

Фіг. 2 - аксонометричне зображення багат шарової заготовки;

Фіг. 3 - багат шарова заготовка на ложементі, що закріплена в пакеті;

фіг. 4 - багат шарова заготовка (композитний заповнювач із перфорованою прокладкою) у складі ЗПК.

На Фіг. 1 показаний фрагмент заготовки 1, що представлена у вигляді двомодального заповнювача, з послідовністю виконання операцій. Розглянута заготовка 1 включає скріплені між собою клейовими з'єднаннями гофровані листи 2 і 3 з висотою гофрів h_1 і h_2 відповідно із прокладкою 4 між ними. Гофровані листи 2 і 3, а також прокладка 4 виконані з полімерного композита, товщина моношару якого складає 0,3-0,5 мм. Після склеювання гофрованих листів 2 і 3 із прокладкою 4 товщина S прокладки 4 стає змінною - у шаховому порядку з боку листа 2 і листа 3 заготовки 1 прокладка 4 поперемінно стає одно-, дво- і тришаровою з товщиною $S=0,3-5$ мм.

Різна висота h_1 і h_2 гофрованих листів 2 і 3, а також змінна товщина S прокладки 4 суттєво впливають на розміри (зокрема, довжину) різального інструмента, яким виконують свердління системи отворів 5 (перфорацію) у прокладці 4, що позначається на трудомісткості виконання перфорації. Це, у свою чергу, вимагає різних технологічних заходів при свердленні отворів 5 по відкритих каналах гофрованого листа 2, потім після переналагодження по відкритих каналах гофрованого листа 3. При цьому застосоване оснащення у вигляді універсальних складальних пристроїв (УСП). Заготовка 1 по черзі закріплювалася на УСП, по відкритих каналах гофрованого листа 2 (або листа 3) виконувалися отвори 5, потім після переналагодження по відкритих каналах гофрованого листа 3 (або листа 2) закінчувалося свердлення отворів 5. Трудомісткість виготовлення значна.

Авторами технічного рішення, що заявляється, запропонований економічний спосіб виконання системи отворів 5 у прокладці 4 за одну установку багатошарової заготовки 1. У прокладці 4 інструментом 6 з ріжучою частиною 7, що має діаметр $d=1,5-2,5$ мм, і кільцевим паском 8 поза ріжучою частиною 7 через напрямні отвори 9, попередньо виконані на площадках гофрів листа 2, свердлиться отвори 5 діаметром d . При цьому заготовку 1 через пористу прокладку 10 закріплено на ложементі 11 у пакеті П (див. Фіг. 1, 3). Діаметр D напрямного отвору 9 становить від 1,8 до 2,0 діаметра d отворів 5, тобто $D=(1,8...2,0)d$. Напрямні отвори служать як для вільного входу ріжучої частини 7 інструмента 6, так і для його центрування. Діаметр D_1 кільцевого паска 8 інструмента 6 виконаний по ковзній посадці щодо діаметра D напрямного отвору 9, що забезпечує роль отвору 9 як кондуктора, що виключає перекіс і можливу поломку інструмента 6 при свердлінні в прокладці 4 системи отворів 5 через гофри значної висоти листа 2 та змінної товщини прокладки 4.

На Фіг. 2 показане аксонометричне зображення заготовки 1 із прокладкою 4 без перфорації. Після склеювання в заготовці 1 гофрований лист 2 із прокладкою 4 утворюють відкриті канали 12 і закриті канали 13 тилової зони заповнювача 1, а гофрований лист 3 із прокладкою 4 утворюють відкриті канали 14 і закриті канали 15 фронтальної зони заготовки 1. Складність профілю заготовки 1 відзначена кутами α_1 і α_2 .

Для виконання системи отворів (перфорації) в прокладці 4 заготовку 1 (див. Фіг. 3) закріплюють зусиллям P у ложементі 11 через пористу прокладку 10. Утворюється пакет П з протидіючим зусиллям мінус P для наступної механічної обробки заготовки 1 на багатокоординатному верстаті із програмним керуванням. Ложемент 11 має профіль, відмінний від профілю заготовки 1 (немає кутів α_1 і α_2) і представлений проточкою радіусом R_1 , що дорівнює від 0,95 до 0,98 радіуса R контактної поверхні гофрів листа 3, тобто $R_1=(0,95...0,98)R$. Товщина пористої прокладки 10 може складати 12-15 мм. При зусиллі P заготовка 1 відкритими каналами 14 і закритими каналами 15 фронтальної зони фіксується в ложементі 11 через пористу прокладку 10. Утворений пакет П кріпиться відомими способами - струбцинами, стяжками.

На Фіг. 4 показана звукопоглинальна конструкція (ЗПК) 16 із заготовкою 1. ЗПК являє собою багатошарову великогабаритну клеєну конструкцію висотою H і містить перфоровану звукопроникну стінку 17, що має складний профіль газоповітряного тракту ТРДД (фронтальна зона ЗПК 16), звуконепроникну стінку 18 (тилова зона ЗПК 16), а також заготовку 1 у вигляді звукопоглинального заповнювача висотою H_1 (див. розріз А-А Фіг. 4). У свою чергу, звукопоглинальний заповнювач представлений багатошаровою конструкцією та складається із з'єднаних клейовими з'єднаннями гофрованого листа 2 з висотою гофрів h_1 тилової зони, гофрованого листа 3 з висотою гофрів h_2 фронтальної зони та перфорованого шару 19 товщиною S , утвореного з'єднанням прокладки 4 по площадках гофрів листа 2 тилової і листа 3 фронтальної зони ЗПК 16 (див. Фіг. 1). Співвідношення висот h_1 і h_2 гофрів може становити 1,0-1,5, тобто $h_1/h_2=1,0-1,5$. Складність профілю газоповітряного тракту ТРДД відзначена кутами α_1 і α_2 по звукопроникній стінці 17 і заготовці 1.

У результаті проведених робіт авторами досягнута технічна, економічна й екологічна ефективність пропонованого способу:

близький рівень фізико-механічних властивостей листових полімерних композитів забезпечує плавність свердління без напруг у клейових з'єднаннях заготовки (заповнювача);

забезпечена відсутність розшарувань, збережена вихідна міцність клейових з'єднань;

знижена трудомісткість за рахунок виконання системи отворів у багатошаровій заготовці за одну її установку;

забезпечена якість виконуваних робіт і доступність контролю якості отворів - припустима ворсистість на торцях отворів перевіряється візуально по контрольному зразку;

продукти обробки полімерних композитів із зони різання видаляються автоматизовано.

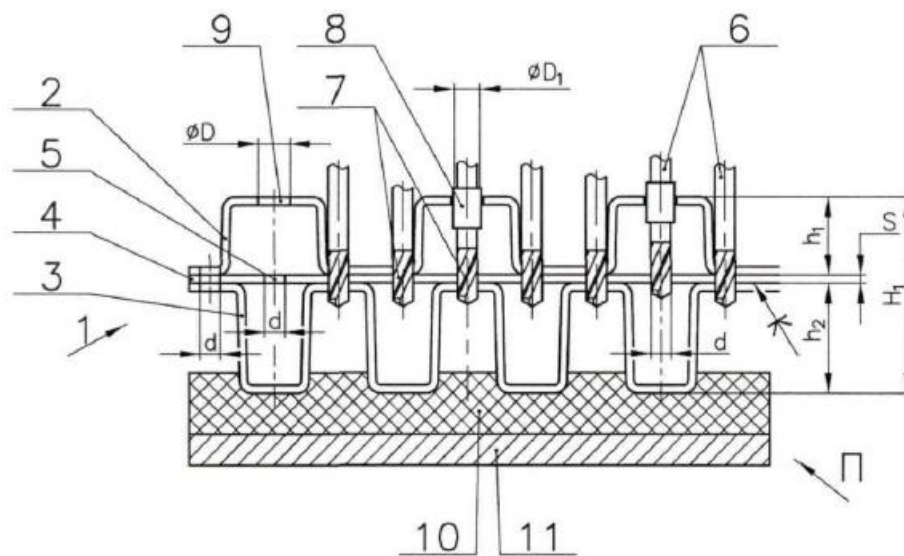
Спосіб, що заявляється, з позитивним результатом виконання системи отворів за одну установку багатошарової заготовки (тришаровому заповнювачі з листових полімерних

композитів) впроваджений при виготовленні звукопоглинаючих конструкцій (ЗПК), що входять до складу авіадвигунів розробки ДП «Івченко-Прогрес», таких як Д-18Т серії ЗМ (літак Ан-124 "Руслан") і Д-436-148ФМ (літаки Ан-148, Ан-158).

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб виконання системи отворів у багатошаровій заготовці, що являє собою тришарову композитну конструкцію, перший і другий шари якої розміщені перший напроти другого, а третій шар - між першим і другим шарами, причому спосіб включає виконання в багатошаровій заготовці напрямних отворів, а потім системи отворів меншого діаметра співвісно з напрямними отворами, який **відрізняється** тим, що перший і другий шари заготовки являють собою гофровані листи, що зв'язані клейовим з'єднанням із третім шаром, виконаним у вигляді прокладки, й утворюють при з'єднанні закриті й відкриті канали, причому напрямні отвори виконані на площадках гофрів закритих каналів першого шару заготовки по математичній моделі, а потім інструментом з кільцевим паском поза ріжучою частиною, рівним діаметру напрямного отвору, через наявні напрямні отвори виконують в прокладці систему отворів, при цьому кільцевим паском інструмент фіксується в напрямному отворі закріпленої заготовки.
2. Спосіб виконання системи отворів у багатошаровій заготовці за п. 1, який **відрізняється** тим, що багатошарову заготовку із заздалегідь виконаними напрямними отворами закріплюють відомими способами через пористу прокладку в коробчастому ложементі з утворенням жорсткого пакета й виключенням деформації заготовки.
3. Спосіб виконання системи отворів у багатошаровій заготовці за п. 1, який **відрізняється** тим, що діаметр напрямного отвору складає від 1,8 до 2,0 діаметра отворів, що виконуються у прокладці заготовки.



Фиг. 1

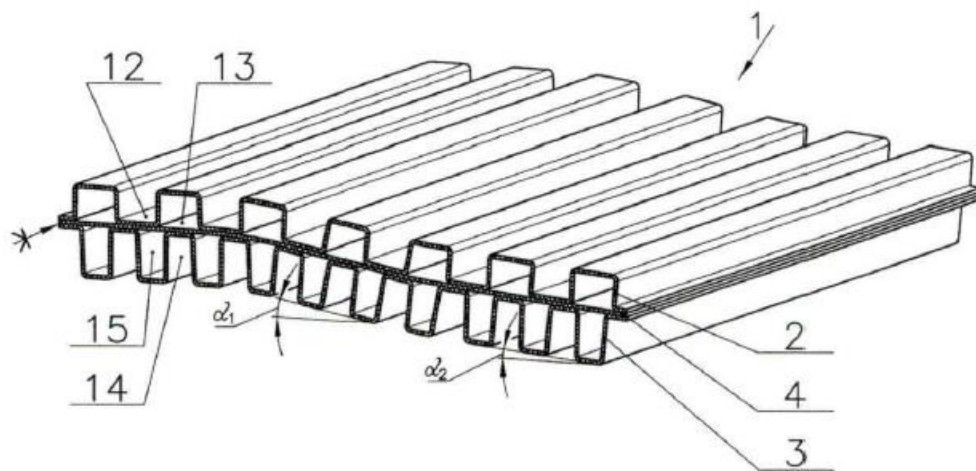


Fig. 2

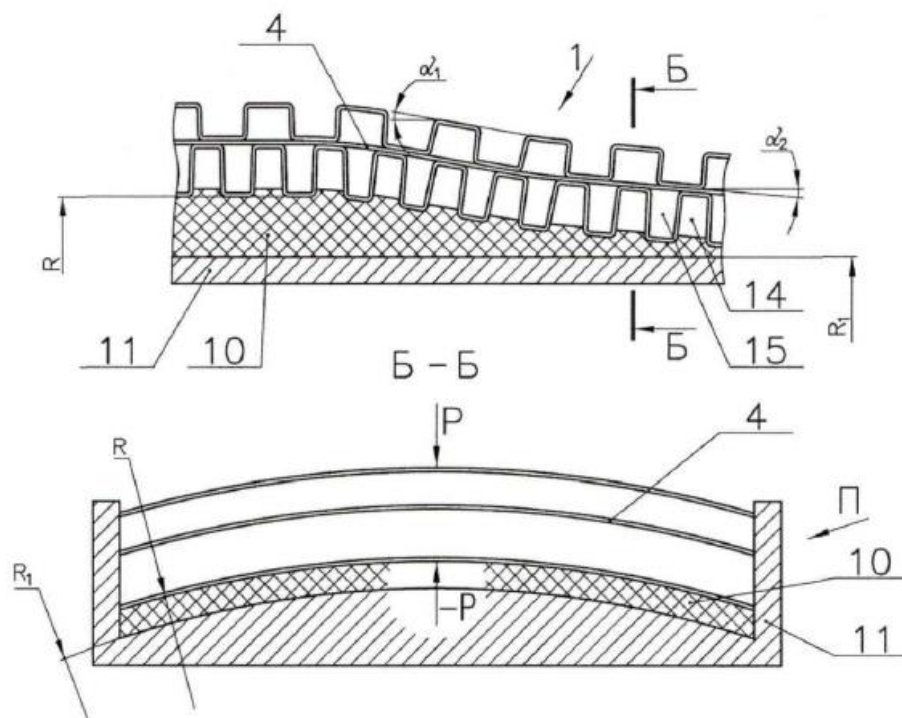
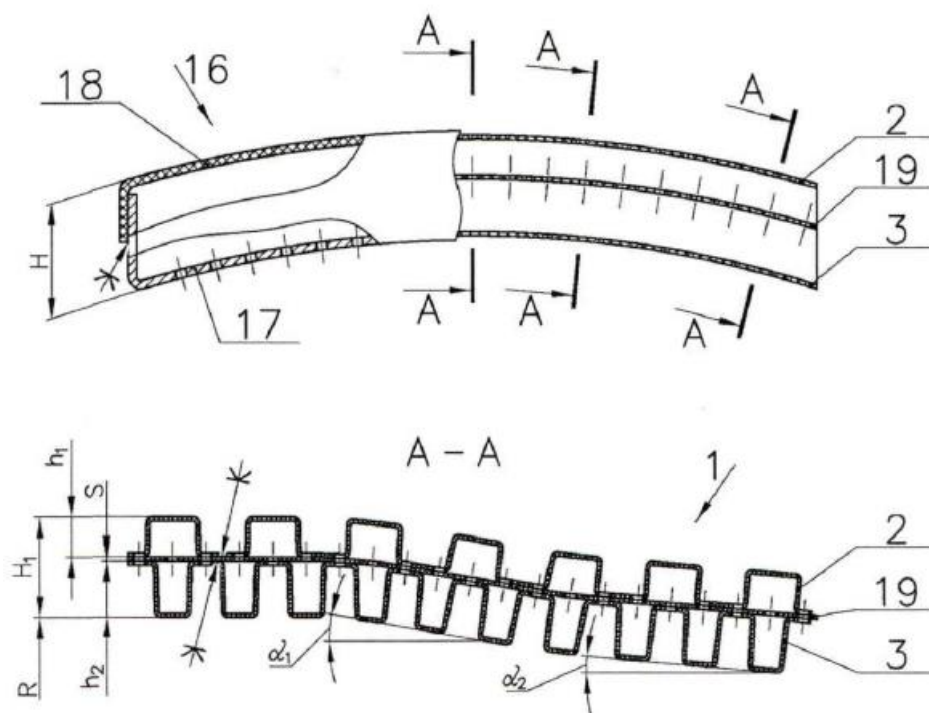


Fig. 3



Фиг. 4

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601