

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 533.6.013.42

МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬТОВИХ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ З НИХ В ІНТЕРЕСАХ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ІНШИХ ГАЛУЗЕЙ

Бабаєв О.А., Юдін О.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Лукашов В.К.

У даній статті наведені результати дослідження використання конструкції футлярної упаковки в основу якої покладено базальтоволокнисті композиційні матеріали, яка повністю задовольняє вимогам експлуатації і дозволяє підвищити безпеку баз та арсеналів ЗС України. Даний матеріал дозволяє задовольнити вимоги з вогнестійкості, хімічної стійкості, біостійкості та міцності. Відмітимо, що сировинна база для виробництва базальтового волокна та виробів на його основі не обмежена.

Ключові слова: базальт, волокно, арматура, корпус футляра, теплоізоляційні матеріали.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Базальтове безперервне волокно все активніше витісняє скловолокно у виробництві склопластиків, тканин і різних композицій, особливо в тих випадках, коли потрібні підвищені показники міцності, термостійкості, хімічної стійкості [1]. Всі галузі, в яких може бути використаний базальтопластик, поки ще важко передбачити, так як кожен раз знаходяться все нові способи його застосування: від спінінгів і тенісних ракеток до кислототривких труб, від автомобільних шасі і гальмівних колодок до авіації і космічних станцій.

Одним з основних факторів, що визначають високотемпературну стабільність (збереження форми і механічних властивостей) волокон, є їх кристалізаційна здатність [2]. Кристалізація волокон при термообробці призводить до зниження їх міцності, а кристалізація в скломасі – до обривності при формуванні базальтового волокна.

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ) в останні 50 років так глибоко проникли в різні сфери промисловості, транспорту, побутового сектора, що ступінь їх використання стала критерієм рівня науково-технічного прогресу будь-якої країни. Застосування їх дозволяє різко знизити витрату гостродефіцитних матеріалів (титану, алюмінію, берилію, нержавіючої сталі та ін.), Підвищити вантажопідйомність і забезпечити значну економію палива за рахунок зменшення маси конструкцій [3].

Особливе місце серед них займають вугле- і склопластики, а в останні роки і базальтопластики.

Саме базальтопластики представляють собою важливість і значимість в плані створення і розвитку виробництв ПКМ великої потужності з випуском широкого асортименту продукції доступною за ціною різних галузей промисловості.

Майбутнє за базальтопластиками ще й тому, що вуглецеві волокна дуже дорогі і кількість їх обмежена. Тому створення сучасної високоефективної технології базальтопластиків в порівнянні з традиційною технологією скло і вуглепластиків є необхідною і актуальною проблемою науки і техніки.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Основними проблемами які виникають в теперішній час є:

1) енергозбереження шляхом створення та застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів;

2) зниження металоємності шляхом створення, організації промислових виробництв та застосування композиційних (конструкційних корозійностійких, легких тощо) матеріалів з заданими фізико-хімічними, механічними, тепло- та електрофізичними властивостями;

3) створення якісно нових матеріалів та виробів з заданими комплексом властивостей та експлуатаційних характеристик для рішення задач екологічного захисту природи, підвищення ефективності гідропонного вирощування овочів тощо.

Успішне вирішення вищезазначених проблем в стислі терміни можливо за умови:

1) наявності необмеженої та відтворювання, дешевої, вітчизняної сировинної бази;

2) наявності науково-технічного потенціалу та отримання позитивних результатів при дослідженні;

3) розробки нестандартного технологічного обладнання нового покоління для виробництва волокон та виробів на їх основі;

4) розробки, освоєння та впровадження в практику нових методів господарської діяльності.

Сировинна база. В якості вихідної сировини для отримання базальтових волокон використовуються гірські породи (такі як габро, амфіболіти, діабазити, базальти, базаніти, андезіто-базальти, андезіти) та відходи виробництва (шлаки). Особливий клас джерел сировини займають барханні піски пустель. Мінерально-сировинна база України для виробництва базальтових волокон необмежена.

Теплоізоляційні матеріали. Розвиток виробництва базальтових супер-, ультра-, мікротонких волокон дозволяє створити різноманітні високоефективні теплоізоляційні матеріали.

Практично всі базальтоволокниті вироби за своїми характеристиками перевершують мінеральні вироби аналогічного призначення.

Базальтоволокниті вироби мають меншу густину, більшу гнучкість, більш низьку теплопровідність та широкий температурний інтервал застосування. Крім цього, вони вібростійкі.

На теперішній час виробництво виробів з базальтових волокон освоїли близько 40 підприємств України, Росії тощо. Однак, потреба базальтоволокнитих матеріалів та виробів значно перевищує об'єми виробництва. Вкрай необхідним є розвиток базальтових волокон в країнах з суворими кліматичними умовами (наприклад, Сибір).

Композитні матеріали. Розвиток виробництва базальтового безперервного волокна дозволяє створити широку гаму композиційних матеріалів. Зокрема:

1. Базальтопластикова арматура для армування бетонних виробів, застосування 1 кг якої дозволяє заощадити до 12 кг металу;

2. Труби з базальтопластика, що рекомендовані до застосування в гідромеліораторному будівництві;

3. Пресувальні матеріали, текстоліти, гетинакси, які відрізняються від скло композиту підвищеною термохімічною стійкістю, стабільністю діелектричних параметрів у вологому середовищі;

4. Фрикційні матеріали, в яких повністю виключено застосування азбесту (канцерогенної речовини), відрізняються підвищеною стійкістю.

Базальтоволокниті матеріали високу хімічну стійкість, жаростійкість, біостійкість та інші не менш цінні властивості.

В таблиці 1 наведені характеристики базальтових безперервних волокон в порівнянні з іншими неорганічними волокнами.

В результаті довготривалих пошукових та дослідницьких робіт були створені базальтоволокниті, які задовольняють численні вимоги до виробів

для пакування та зберігання. Крім того, клас базальтоволокнитів значно розширився в області застосування. Так, базальтоволокниті з'явилися у вигляді наступних матеріалів, зокрема:

- безперервно базальтового волокна;
- дозованого базальтового волокніту ДБВ-4Р-2М;
- композиційні матеріали-напівфабрикати на основі базальтової тканини «Молімо» та фенольного сполучення;
- теплоізоляційного матеріалу на основі базальтових супертонких волокон.

Характеристики зазначених матеріалів наведені в таблиці 1-4.

Міцність безперервних волокон пов'язана з діаметром. На рисунку 1 показана залежність міцності волокон від їх діаметру.

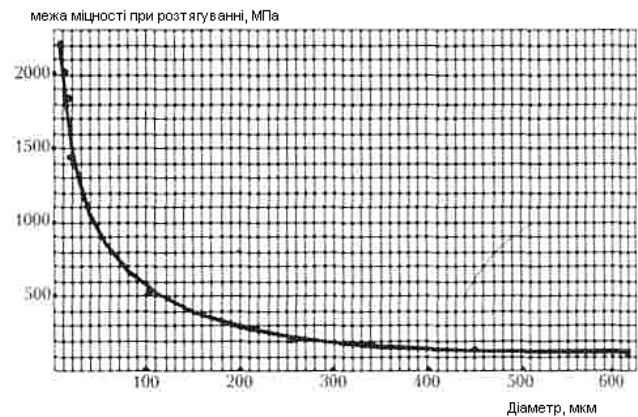


Рис. 1. Залежність міцності волокон від діаметру

Важливими характеристиками матеріалів, що застосовуються для виготовлення компонентів для пакування та зберігання, є вібростійкість та густина.

На рисунку 2 показана температурна залежність вібростійкості базальтоволокнитого матеріалу (БТМ).

Таблиця 1

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Скляні типу «Е»	Базальтові волокна	Високомодульні волокна типу УМ-31 А
Діаметр	мкм	9±1	91/2	9±1
Густина	кг/м ³	2550	2750	2890
Міцність при розтязі	МПа	2000-2800	2000-3500	3300-3500
Модуль Юнга	ГПа	70±2	80-110	121,0±5
Температура застосування	оС	450	700	900
Гігроскопічність, не більше	%	20	1	10
Втрата міцності після термообробки 1 година при 400°С	%	48,0±1	18,0±1	37,0±1

Таблиця 2

№ п/п	Найменування показників	Одиниця вимірювання	ДБВ-4Р-2М марки «О»	Метод випробувань
1.	Руйнівне напруження при статичному згині	МПа	350,19	ГОСТ 4648-71
2.	Руйнівне напруження при стисканні	МПа	143,70	ГОСТ 4651-78
3.	Ударна в'язкість	кДж/м	142,90	ГОСТ 4647-80
4.	Руйнівне напруження при розтязі	МПа	48,57	ГОСТ 4649-78
5.	Діелектрична проникність при частоті 10 Гц		5,50	ГОСТ 22373-77
6.	Тангенс кута діелектричних втрат		0,018	ГОСТ 22372-77
7.	Питомий об'ємний електричний опір	Ом · см	2,3 · 10 ¹⁴	ГОСТ 6433.2-71
8.	Питомий поверхневий електричний опір	Ом · см	2,0 · 10 ¹⁴	ГОСТ 6433.2-71
9.	Електрична міцність	кВ/мм	20,20	ГОСТ 6433.2-71
10.	Плинність		5,80	ГОСТ 17473-72 п. 4.10

Таблиця 3

№ п/п	Найменування показників	Одиниця вимірювання	Норма
1.	Зовнішній вигляд		Без складок, зборок, забруднення, не просочених ділянок сторонніх включень
2.	Ширина	м	1000
3.	Вміст летких для марки ПБФ-П	%	1,7-3,5
4.	Вміст речовин, які видаляються при прожаренні для марки ПБФ-П для марки ПБФ-К	%	27-35 35-45
5.	Вміст речовинної частини для марки ПБФ-П для марки ПБФ-К	%	не менш 75 90-99

Таблиця 4

№ п/п	Найменування показників	Одиниця вимірювання	Норма
1.	Середній діаметр волокна, не більш	мкм	2,0
2.	Масова доля не волокнистих включень розміром понад 0,25 мм, не більш	%	3,0
3.	Вологість, не більше	%	1,0
4.	Теплопровідність, не більш при (298±5) К [(25±5)°С] (398±5) К [(125±5)°С] (573±5) К [(300±5)°С]	Вт/мК	0,046 0,106 0,210
5.	Температурний діапазон застосування	°С	від -60 до +900
6.	Густина, не більше	кг/м	200,0
7.	Коефіцієнт фільтрації		0,10-0,95
8.	Коефіцієнт звукопоглинання в діапазоні частот, не менш (100-250) Гц (250-1000) Гц (1000-4000) Гц		0,08 0,18 0,42
9.	Масова доля іонів хлору, не більше	%	0,03

Амплітуда коливань при випробуванні – 2 мм. Досліджені волокна діаметром 0,8-3,0 мкм (БСТВ) та 9-14 мкм (БТВ).

На рисунку 3 представлена залежність теплопровідності БТМ від щільності та температури.

З отриманих нових матеріалів для розробки упаковки та футляру було обрано базальтовий волокніт ДБВ-4Р-2М.

В основу конструктивного рішення виробів (футлярів) були запропоновані нові підходи з точки зору зручності його використання та швидкості застосування при завантаженні (розвантаженні) виробів, а також недопущення руйнування підношувача виробів.

Розроблена конструкція футлярної упаковки забезпечує виконання усіх технологічних вимог.

Конструкція футляра складається з корпусу, двох кришок в зборі та арматури для фіксації елементів пострілів, представлена на рисунку 4.

Основні деталі футлярів виконані з базальтопластику.

втрати маси при вібрації, %

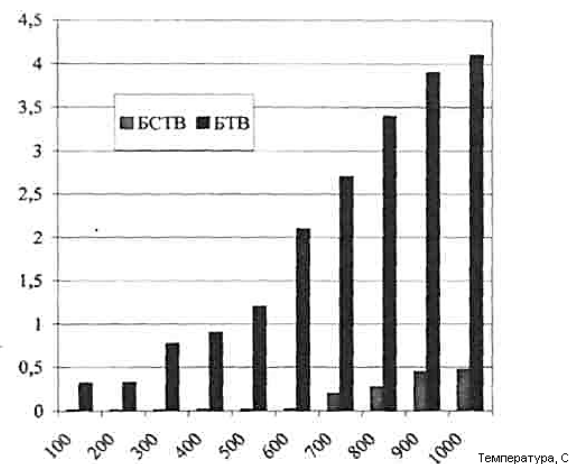


Рис. 2. Температурна залежність вібростійкості базальтоволокнистого матеріалу (БТМ)

теплопровідність, БТМ град

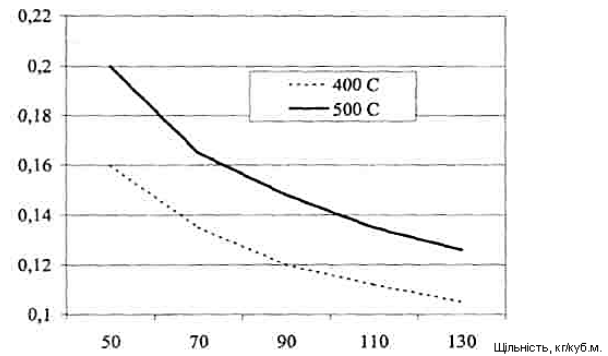


Рис. 3. Залежність теплопровідності БТМ від щільності та температури



Рис. 4. Футлярна упаковка

Корпус футляра, конструктивна схема якого наведена на рисунку 5, виконано у вигляді багатощарової труби з двома торцевими елементами квадратної форми (вимоги оптимального укладання у піддоні), в яких розміщуються кришки, що забезпечують надійну фіксацію і герметизацію виробів.

Багатощарова труба має всередині прошарок з теплоізоляційного матеріалу. Несуча здатність

корпуса забезпечується за рахунок циліндричної жорсткості відпресованих деталей оболонки корпусу, внутрішніх поздовжніх профільних ложементів, а також за рахунок нанесення на зовнішню поверхню несучої складової оболонки шару просоченого безперервного волокна з наступною термічною обробкою.



Рис. 5. Корпус футлярна упаковка

Кришка футлярної упаковки має збірну конструкцію (рисунок 6). Всі деталі виготовлені методом гарячого пресування з прес-матеріалу типа дозує мого базальтового волокніту марки ДБВ-4Р-2М.

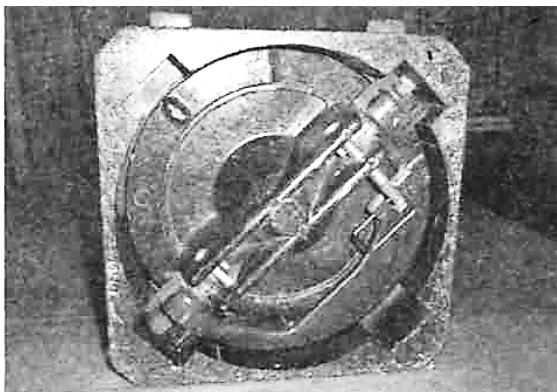


Рис. 6. Кришка футлярної упаковки

Особливостями конструкції даних футлярів є:

- наявність двох екстракторів, регульованого кільця і ручки на кришці;

- розміщення в корпусі елементів з пазами за типорозмірами, що складаються всередину виробів і теплоізоляційного покриття з супертонких базальтових волокон.

З метою перевірки конструкторсько-технологічних рішень була виготовлена партія дослідних зразків футлярної упаковки, які призначались для зберігання і транспортування пострілів. Дослідні зразки футлярної упаковки пройшли попередні і державні випробування на полігоні «Ржевка».

Формулювання цілей статті. У результаті випробувань було встановлено, що:

- експлуатація дослідницьких футлярів (укладання та витяг виробів, перенесення) не викликає труднощів;

- максимальна можлива маса футляру з виробом (30Ф45) – близько 60 кг та дозволяє переносити його без зусиль;

- витяг виробів з футляру можливо при будь-якому його положенні (вертикальному, горизонтальному) одним-двома номерами розрахунку;

- футляри герметичні;

- футляр скидався триразово в трьох положеннях. В результаті скидання руйнувань не було виявлено, функціонування нормальне;

- футляри витримали випробування на стенді імітації транспортування СІТ-М на 5 режимі (11,5 Гц) протягом 2 годин (2000 км по бездоріжжю на автомобілі НХН з наповненим навантаженням);

- нормальне функціонування футлярів після випробувань підтверджено в кліматичних камерах;

- футляри витримали іспит на вогнестійкість, в результаті якого зростання температури до 120°C на поверхні виробу сталося через 34 хвилини. Результати представлені на рисунку 7. Після вилучення футляра з полум'я був здійснений його огляд і вилучення з нього виробу. Видалений з вогню футляр з виробом допускав його перенесення;

- футляри після випробувань на стиск підтвердили свою працездатність, руйнівне навантаження склало 16800 кг, що відповідає розподіленому навантаженню 70 т/м². Таким чином, має місце значне перевищення отриманої міцності над необхідною (4 т/м²).

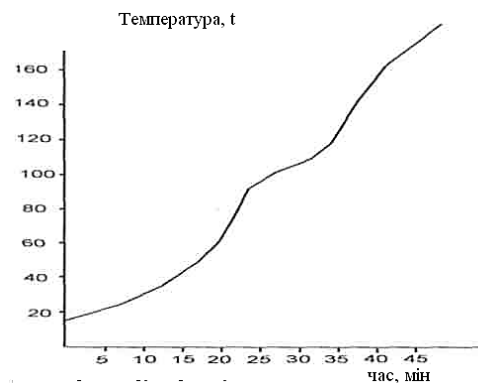


Рис. 7. Результати випробування

Додатково було проведено випробування футлярної упаковки на постріл.

Простріл здійснювався кулею 7,62 мм БЗ з автомата АКМ з верстата на дистанції 50 м. Прострілювались укомплектовані футляри № 20, 03, 10. Простріли й вибухи призвели до розкиду частин корпусу футлярної упаковки й не привели до займання.

Висновки по статті. Таким чином розроблена оригінальна конструкція футлярної упаковки на основі базальтоволокнистих композиційних матеріалів, яка повністю задовольняє вимоги експлуатації і дозволяє підвищити безпеку баз та арсеналів ЗС України. Базальтопластик – матеріал, що дозволяє задовольнити вимоги з вогнестійкості, хімічної стійкості, біостійкості та міцності; сировинна база для виробництва базальтового волокна та виробів на його основі не обмежена.

Список літератури:

1. Джигирис Д. Д., Махова М. Ф. Основы производства базальтовых изделий. – М.: Теплоэнергетика, 2002.
2. Smedskajer M. M., Solvang M., Yue Y. Crystallisation behaviour and high-temperature stability of stone wool fibres // J. Eu. Ceram. So, с. 2010, v. 30. p. 1287-1295.
3. Артеменко С. Е. Наукоемкая технология полимерных композиционных материалов, армированных базальтовыми, углеродными и стеклянными нитями / С. Е. Артеменко // Пластические массы. – 2003. – № 2. – С. 5-6.
4. Джигирис Д. Д., Махова М. Ф., Захаров В. А., Насонова А. Н., Первак И. Г., Бомбырь Л. Н. / Неклассические проблемы механики композиционных материалов и конструкций из них. Тезисы докладов II Всесоюзного научно-технического семинара» – Киев, Наукова думка, 1984.
5. Авторское свидетельство № 1732619 «Тара для цилиндрических изделий», автор Лукашев В. К.

Бабаев А.А., Юдин О.Н.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

Лукашев В.К.

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ В ИНТЕРЕСАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ДРУГИХ ОТРОСЛЕЙ

Аннотация

В данной статье приведены результаты исследования использования конструкции футлярной упаковки в основу которой положено использование базальтоволоконистых композиционных материалов, что полностью удовлетворяет требованиям эксплуатации и позволяет повысить безопасность баз и арсеналов ВС Украины. Данный материал позволяет удовлетворить требования по огнестойкости, химической устойчивости, биостойкости и прочности. Отметим, что сырьевая база для производства базальтового волокна и изделий на его основе не ограничена.

Ключевые слова: базальт, волокно, арматура, корпус футляра, теплоизоляционные материалы.

Babaev A.A., Yudin O.N.

National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»

Lukashev V.C.

POSSIBILITIES AND PROSPECTS FOR EFFICIENT USE OF BASALT FIBER MATERIALS AND PRODUCTS FROM THEM IN THE INTERESTS HEAT-POWER ENGINEERING SYSTEMS AND OTHER INDUSTRIES

Summary

This article presents the results of research using futlyarnoyi packaging design which is based on bazaltovoloknistye composite materials, which fully meets the requirements of the operation and can increase the security of bases and arsenals of the Armed Forces of Ukraine. This material can satisfy the requirements of fire resistance, chemical resistance, biological stability and strength. Note that the raw materials for the production of basalt fiber and products on its basis is not limited.

Keywords: basalt, fiber, fittings, housing case, thermal insulation materials.