



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **163257** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
C03B 37/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2025 03460	(72) Винахідник(и): Краснікова Катерина Сергіївна (UA), Чувашов Юрій Миколайович (UA), Яценко Ольга Михайлівна (UA), Дідук Ірина Іванівна (UA), Дуднік Олена Вікторівна (UA), Чечель Олександр Васильович (UA), Марек Ірина Олегівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.07.2025	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 11.06.2026	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 10.06.2026, Бюл.№ 23	(73) Володілець (володільці): ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ІМ. І.М. ФРАНЦЕВИЧА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Омеляна Пріцака, 3, м. Київ, 03142 (UA)

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ НЕПЕРЕРВНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВІ ГІРСЬКИХ ПОРІД ТИПУ БАЗАЛЬТУ

(57) Реферат:

Спосіб отримання неперервного базальтового волокна на основі гірських порід типу базальту включає подрібнення породи, промивання, сортування, магнітну сепарацію, попереднє нагрівання, завантаження в плавильну піч, розплавлення сировини, дегазацію, гомогенізацію, подачу розплавленого матеріалу з живильника у виробниче обладнання та формування волокна. Додатково проводять модифікування гірської породи оксидом магнію у вигляді природного мінералу магнію - борациту магнію ($\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), при такому співвідношенні компонентів: гірська порода типу базальту:борацит магнію як (95-85):(5-15) мас. %.

UA 163257 U

UA 163257 U

Корисна модель стосується технології отримання і складу неперервного базальтового волокна та може бути використана у хімічній, будівельній, аграрній промисловості, зокрема для армування пластиків та бетонів.

Волокна, отримані згідно з запропонованою корисною моделлю, можуть бути використані в будівельній, текстильній, хімічній промисловості, машинобудуванні, електроніці та інших галузях господарства, як армуючі матеріали для скло-металопластикових виробів, які застосовуються в кислих, нейтральних і лужних середовищах.

Класичний найбільш відомий спосіб отримання неперервних волокон із сировини гірських порід включає подрібнення породи до фракції 5-20 мм. Подрібнений базальт завантажувачами подається в плавильну піч, де за високих температур (1400-1600 °C) відбувається плавлення гірської породи. Далі, розплав надходить у фідер печі і проходить через отвори фільтрального живильника. З фільтрального живильника елементарні базальтові волокна надходять на пристрій нанесення замаслювача а потім на пристрій, що намотує неперервні волокна на бобіни. Первинна нитка з бобін тростильним пристроєм перемотується в бухти ровінгу (Джигіріс Д.Д., Махова М.Ф. Основи виробництва базальтових волокон та виробів, М.: Теплоенергетик. - 2002. - 411 с.).

Відомий винахід, що стосується сировинної шихти для отримання розплаву для виробництва неперервних мінеральних волокон, що містить від 30 % до 70 % базальту до 30 % шлаку, зокрема доменного шлаку, її використання та способу отримання неперервних мінеральних волокон з розплаву, причому розплав формують із сировини, що містить від 30 % до 70 % базальту та/або діабазу, від 8 % до 40 % кремнієвих компонентів, зокрема кварцового піску, та від 5 % до 30 % шлаку, зокрема доменного шлаку (Сировина для виробництва базальтових волокон US 9073780B2, 2015-07-07). Недоліком цього складу є підвищені значення температури варіння, короткий температурний інтервал вироблення, внаслідок чого спостерігаються нестабільний процес вироблення волокна та висока обривність.

Відомий спосіб (EP1908737B1, 2012-02-29) отримання неперервного базальтового волокна з композиції, що містить суміш оксидів кремнію (SiO_2), алюмінію (Al_2O_3), титану (TiO_2), заліза (Fe_2O_3 і FeO), кальцію (CaO), магнію (MgO), марганцю (MnO), калію (K_2O), натрію (Na_2O) та домішок, у вигляді оксиду барію (BaO) при наступному співвідношенні компонентів, мас: Al_2O_3 15,90-18,10 TiO_2 0,75-1,20 $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ 7,51-9,53 CaO 6,41-8,95 MgO 2,50-6,40 K_2O 1,60-2,72 Na_2O 3,30-4,10 P_2O_5 0,23-0,50 SO_3 0,02-0,15 MnO 0,12-0,21 BaO 0,05-0,19 домішки, решта до 1,00 SiO_2 ; суміш перед завантаженням в плавильну піч витримують в розчині гідроксиду натрію (NaOH) і гідроксиду калію (KOH) з концентрацією (0,1-0,5) N і температурою 20-60 °C протягом 15-20 хвилин, потім промивають проточною водою протягом 20-30 хвилин, а після промивання проточною водою і сушіння подрібнену композицію завантажують в плавильну піч. Недоліком даного способу є складність технологічного процесу та якість отриманих волокон.

Відомий інший спосіб отримання неперервного базальтового волокна (патент CN 1272561 (A). Неперервне базальтове волокно містить компоненти при такому співвідношенні, мас. %: SiO_2 45,0-55,0, Al_2O_3 12,0-15,0, Fe_2O_3 9,0-12,0, TiO_2 2,0-3,0, CaO 5,0-8,0, MgO 5,0-8,0, K_2O 1,5-3,0, Na_2O 2,0-3,5 і ZrO_2 3,0-10,0. Це волокно отримують шляхом формування шихти на основі базальтового порошку, флюоритового порошку і цирконового порошку (порошок силікату цирконію), які змішують відповідно до заданого вагового співвідношення. Потім шихту плавлять при температурі 1450 до 1550 °C, розплав стабілізують і з розплаву формують волокно шляхом його витягування при стандартних температурах. Однак лугостійкість відомого волокна не достатня, оскільки фториди, які використовують як компонент шихти, виконують лише функцію плавня і не сприяють підвищенню лугостійкості та міцності волокна. Крім того, фториди є вкрай шкідливими для здоров'я людини сполуками.

Найближчим аналогом до запропонованого способу отримання волокон з гірської сировини за технічною суттю і досягнутому результату є спосіб виробництва неперервних волокон з гірської сировини (патент PL20150414608, 20151029, Method for producing continuous filaments from rock raw materials) шляхом подрібнення породи, промивання, сортування, магнітної сепарації, попереднього нагрівання, завантаження в плавильну піч, розплавлення сировини, дегазації, гомогенізації, подачі розплавленого матеріалу з живильника у виробниче обладнання та формування волокна, де для подрібнення використовується лужна гірська суміш щільністю (2,73-3,04) $\times 10^3$ кг/м³ і пористістю 0,5-3,9 %, а плавлення відбувається при температурі печі 1150-1510 °C. Недоліками зазначеного способу є складність виробництва через необхідність регулювання поруватості та щільності гірських порід. Великий температурний діапазон плавильної печі тягне за собою швидке зношування вогнетривів печі з подальшою ймовірністю кристалізації розплаву і, отже, склування на поверхні фільтрних пристроїв, при цьому отримані волокна мають невисоку луго- та кислотостійкість.

Незважаючи на безліч пропонованих технологічних рішень за способами одержання неперервних волокон із сировини гірських порід, широке виробництво та застосування базальтових волокон може стримуватися відносною складністю технологій, низькою продуктивністю та високою собівартістю їх виробництва. У зв'язку з цим особливу актуальність представляють розробка та вдосконалення складів і технологій для виробництва базальтових волокон, забезпечення якості продукції, що випускається при зниженні енерго- і матеріальних витрат.

Задачею корисної моделі є розробка нового способу отримання неперервного волокна на основі гірських порід типу базальту, завдяки використанню певних технологічних прийомів.

Поставлена задача вирішується тим, що за запропонованим способом отримання неперервного базальтового волокна, який включає подрібнення породи, промивання, сортування, магнітну сепарацію, попереднє нагрівання, завантаження в плавильну піч, розплавлення сировини, дегазацію, гомогенізацію, подачу розплавленого матеріалу з живильника у виробниче обладнання та формування волокна, згідно з корисною моделлю, додатково проводять модифікування гірської породи оксидом магнію у вигляді природного мінералу магнію - борациту магнію ($\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), при такому співвідношенні компонентів: гірська порода типу базальту:борацит магнію як (95-85):(5-15) мас. %.

Технічний результат при здійсненні корисної моделі досягається за рахунок того, що в сировину на основі гірської породи типу базальту вводили природню мінеральну добавку з оксидом магнію, приготуванні шихти, змішуванні вказаних компонентів та завантаженні в плавильну піч, розплавленні та виробленні волокон.

Модифікація гірської породи дає можливість спрямовано регулювати властивості розплавів і використовувати на практиці за рахунок впливу MgO на характеристики базальтового скла і волокон, змінюючи їх фізичні та хімічні властивості. Завдяки заміщенню $\leq 4\%$ Na_2O на MgO знижується швидкість росту кристалів в розплаві та підвищується температура їх плавлення. Знижується в'язкість базальтового скла при високих температурах, полегшуючи виробку волокон, підвищується їх хімічна стійкість, особливо до кислот і лугів.

Спосіб здійснюється наступним чином:

Приклад 1

Для отримання волокна використовували таку сировину:

Гірська порода типу базальтів з хімічним складом: SiO_2 - (43-59), Al_2O_3 - (11-20), TiO_2 - (1-2), MgO - (4-12), CaO - (7-13), $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ - (7-16), $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ - (2-4) (мас. %), борацит магнію ($\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Вихідні компоненти перемішують механічним способом в наступній кількості:

гірська порода 95 мас. %:борацит магнію 5 мас. % до рівномірного розподілу компонентів в сировині, потім суміш завантажують в плавильну піч з температурою плавлення 1350-1400 °C та отримують волокна відомим способом.

Приклад 2

Виконаний аналогічно прикладу 1, за винятком додавання до вихідної сировини 10 мас. % борациту магнію (вміст гірської породи 90 мас. %:борацит магнію 10 мас. %) та температурою плавлення 1350-1450 °C.

Приклад 3

Виконаний аналогічно прикладу 1, за винятком додавання до гірської породи 15 мас. % борациту магнію (гірська порода 85 мас. %:борацит магнію 15 мас. %) та температурою плавлення 1350-1500 °C.

Спосіб модифікування гірської породи борацитом магнію, що включає одночасно MgO і B_2O_3 , дає можливість спрямовано регулювати властивості розплавів і використовувати їх на практиці: так MgO дещо знижує в'язкість розплавів, підвищує водо-, кислото- та лугостійкість волокон. B_2O_3 дещо знижує температуру плавлення та в'язкість розплавів.

Використання в способі отримання не окремих оксидів, а їх комбінації в складі модифікуючої добавки призводить до зниження температури плавлення. Окрім зменшення енерговитрат на одержання розплаву для одержання базальтового волокна, перевагами такого підходу є покращення якості отриманого волокна, покращення лугостійкості. Отримане волокно випробовували на лугостійкість і міцність.

Лугостійкість отриманих волокон визначають по втраті маси волокон після обробки розчином лугу. Для цього відбирають наважку волокон діаметром 9-12 мкм, яка відповідає площі поверхні в 5000 см². Волокно поміщають в пластикову колбу з 250 мл 1М NaOH або в суміші 1:1 розчинів 1М NaOH +0,5М Na_2CO_3 за ISO 695-2009 і кип'ятять зі зворотним холодильником протягом 3 год на водяній бані. Далі волокно ретельно промивають

дистильованою водою і сушать на повітрі до постійної маси. Лугостійкість вимірюють в міліграмах втрати маси волокна на один квадратний сантиметр.

Запропоноване авторами рішення використовувати в даному складі шихти природного мінералу магнію знижує кількість непроплавлених часток високотемпературних мінералів (коефіцієнт корисного часу процесу вироблення волокна $\geq 0,93$), які можуть потрапляти в отвори фільтрального живильника і ускладнювати витяжку волокон, при цьому продовжується термін служби фільтрального живильника.

У таблиці 1 представлені температури отримання розплаву та коефіцієнт корисного часу процесу вироблення волокна залежно від складу сировини.

Таблиця 1

Параметри	Значення параметрів		
	Приклад 1	Приклад 2	Приклад 3
Температура розплаву печі	1400	1450	1500
Діаметр елементарних волокон, мкм	9,0-9,9	9,7-10,2	9,0-10,8
Коефіцієнт корисного часу процесу вироблення волокна (ККЧ*)	0,95-0,97	0,95-0,97	0,93-0,97

ККЧ* при використанні прототипу 0,76-0,83.

Завдяки вищій швидкості плавлення при отриманні неперервних волокон з сировини гірських порід, модифікованих природними мінералами магнію, та зниженню температури плавлення потрібно менше енерговитрат на отримання розплаву, зменшується агресивний вплив розплаву на вогнетриву печі і збільшується час експлуатації печей порівняно з прототипом.

Отримані за корисною моделлю волокна хімічно стійкі до води та 2N розчину HCl. Хімічну стійкість волокон визначали втратами їх маси при тригодинному кип'ятінні (таблиця 2).

Таблиця 2

Середовище	Стійкість, %		
	Приклад 1	Приклад 2	Приклад 3
H ₂ O	99,0	99,5	99,7
2N HCl	89,8	90,0	90,9

Технічним результатом, який може бути отриманий при використанні корисної моделі, є збільшення коефіцієнта корисного часу процесу вироблення волокна, стійкості волокон до дії агресивного середовища, розширення сфери його застосування для армування склопластикових, цементних та керамічних композицій, фільтрувальних, електроізоляційних та інших виробів; зниження енергоємності пічного агрегату, збільшення тривалості роботи фільтрних живильників та вогнетривів печі.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб отримання неперервного базальтового волокна на основі гірських порід типу базальту, що включає подрібнення породи, промивання, сортування, магнітну сепарацію, попереднє нагрівання, завантаження в плавильну піч, розплавлення сировини, дегазацію, гомогенізацію, подачу розплавленого матеріалу з живильника у виробниче обладнання та формування волокна, який **відрізняється** тим, що додатково проводять модифікування гірської породи оксидом магнію у вигляді природного мінералу магнію - борациту магнію (MgO·CaO·3B₂O₃·6H₂O), при такому співвідношенні компонентів: гірська порода типу базальту:борацит магнію як (95-85):(5-15) мас. %.