

Винахід стосується способу виробництва мінеральних волокон, зокрема, безперервних мінеральних волокон з гірських порід, промислових та технічних відходів, що містять скло, а також пристрою для здійснення цього способу. З W097/21628 відомий спосіб виробництва мінеральних волокон, згідно з яким зона відбору розплаву береться у межах 0,8-0,2 висоти розплаву.

Під мінеральними волокнами звичайно розуміють склоподібні затверділі силікатні волокна, до яких належать скляні волокна та волокна, отримані з силікатних сировинних матеріалів. Розрізняють два види волокон: короткі волокна (штапельні волокна, вата з гірських порід і т. п.) та безперервні волокна.

Мінеральні волокна широко використовують у різних галузях техніки, і безперервно з'являються нові можливості їх застосування. Безперечно, досліджено ще далеко не всі можливості по одержанню мінеральних волокон з оптимальними властивостями. Це пов'язано з різноманіттям галузей їх застосування й, відповідно, особливими вимогами щодо якості волокна.

Технологія виробництва мінеральних волокон також набула широкого розвитку. При цьому склади стекло і властивості волокон підбирають залежно від галузі їх застосування. Розробка нових окупних мінеральних волокон для промислового виробництва та переробки являє собою надзвичайно багатогранну проблему, яка передбачає розв'язання великої кількості задач з оптимізації. Насамперед, до них належать визначення таких важливих параметрів як кількість та вид вихідної сировини, однорідність, температурний режим, температурна залежність в'язкості розплаву, схильність до кристалізації, зона виробітку, поверхневий натяг, властивості волокон і т. д. Розв'язання цих задач можливе з технологічної точки зору, однак часто нездійсненне через великі економічні витрати.

Найбільш поширеним/застосовуваним видом мінеральних волокон, безсумнівно, є скляні волокна, особливо безперервні скляні волокна. При виробництві відомих скляних волокон використовуються вихідні компоненти, видобування та переробка яких шкідливо впливає на довкілля. Крім того, окремі компоненти, необхідні для складання шихти, є в обмеженій кількості, що викликає постійне зростання цін на них. Одержання скла з шихти пов'язане з високим споживанням енергії й вимагає проведення відповідних заходів з очищення газів, що утворюються й відходять під час варення. З іншого боку, відомо, що окремі види поширених гірських порід або промислові відходи, такі, як, наприклад, шлаки, золи, пил, мають такий хімічний склад, який дозволяє би застосовувати їх для виробництва скла.

Відходи технічних стекло, наприклад, телевізійні трубки, комп'ютерні монітори, люмінесцентні лампи та інші, застосовувані в електроніці скла, і досі здебільшого поміщуються у спеціальні відвали як особливі відходи; це нерідко стосується також відходів, що утворюються при виробництві й переробці технічних стекло. З іншого боку, ці відходи містять компоненти, які можуть справити позитивний вплив на фізико-хімічні властивості виготовлених з них скляних волокон і, відповідно, сталок.

Відомо застосування гірських порід для виробництва різних видів мінеральної вати. Дійсно, відповідні розплави гірських порід мають високу схильність до кристалізації й низьку в'язкість, що дозволяє здійснювати формування волокон у дуже вузькому інтервалі температур. Через інтенсивне темне забарвлення розплаву з гірських порід теплопровідність його є дуже низькою порівняно з розплавами, що використовуються для виробництва скловолокна, випромінювання тепла і, як результат, розподіл потоків тепла й розплаву відрізняються від звичайного прозорого скла.

Розплави гірських порід відрізняються від скла також стосовно змочування підживлювачів, що виготовляються зі сплавів Pt та PtRh. Для запобігання запливання підживлювачів необхідно використовувати розплави з високою в'язкістю, тобто низькою температурою. При цьому зростає ризик кристалізації розплаву, і продуктивність знижується.

Звичайно гірські породи, що використовуються для виробництва безперервного волокна, підсихтовують іншими компонентами, щоб властивості отриманого розплаву відповідали вимогам технологічного процесу формування волокон. Відомим є спосіб отримання безперервних мінеральних волокон з базальтової гірської породи, згідно з яким як додаток вводять до 4% TiO_2 . Властивості волокон та досягнута стабільність процесу формування волокон обмежують можливості його подальшої переробки й застосування (Патент Чехословаччини 248881). Крім цього, відомо багато способів виробництва безперервних волокон з гірських порід у лабораторних умовах. Наприклад, у патенті США 4.199.336 описується спосіб виробництва базальтокерамічних волокон, згідно з яким матеріал, що містить переважно базальт, розплавляється, і з розплаву через фільтр витягується елементарне волокно. Шляхом додаткової термообробки це волокно згодом ще кристалізується.

Відомо також застосування промислових відходів, наприклад, металургійних шлаків, зол, пилу для виробництва мінеральних волокон. Зокрема, вищезазначені для гірських порід проблеми спостерігаються також для відходів у процесах їх плавлення та утворення волокон. Крім усього іншого, ці сировинні матеріали відрізняються значними коливаннями хімічного складу, тому отримання гомогенного розплаву, придатного для виробництва волокон, значно ускладнюється. З цих матеріалів виробляють переважно штапельні/мінеральні волокна. Промислові відходи використовуються також як один із сировинних компонентів скляної шихти або як різні добавки.

Відходи технічних стекло, наприклад, телевізійні трубки, комп'ютерні монітори, люмінесцентні лампи, після видалення складових, що не містять скла або не розчиняються у розплаві, можуть бути використані для виробництва безперервних або штапельних волокон. На практиці хімічний склад таких відходів є неоднорідним і має тенденцію до коливань. Ці відходи містять екологічно шкідливі елементи, наприклад, свинець, стронцій, барій і т. п., тому вони підлягають схороненню як спеціальні відходи. За допомогою дорогих фізико-хімічних методів можна перевести шкідливі для довкілля компоненти у безпечний або зв'язаний стан, однак утворені в результаті такої обробки рештки матеріалу не придатні для переробки у високоякісні продукти.

Задачею винаходу є створення такого способу, який би забезпечив одержання з вищевказаної групи вихідних матеріалів стабільного розплаву для виробництва волокон, особливо безперервних, і при цьому поліпшення якості мінеральних волокон, так і їх текстильної переробки, а також пристрою для здійснення цього способу.

Згідно з винаходом, ця задача досягається тим, що після механічного відокремлення матеріалів, що не

містять скла і тих, що переважно містять скло

а) матеріали, що переважно містять скло, з розмірами частинок не більше 80 мм розплавляються в плавильній печі, причому плавильна піч сполучається з фідером таким чином, що в зоні поверхневого шару розплаву між плавильною піччю та фідером забезпечується протікання розплаву з плавильної печі у фідер;

б) з фідеру розплав надходить у підживлювач;

с) з підживлювача розплав надходить у фільтрний пристрій, розташований нижче, з якого він при одночасному застиганні витягується у вигляді ниток;

причому

д) подача розплаву до підживлювача відбувається з зони виробітку розплаву, у

якій розплав має такі параметри:

д1) температура розплаву перебуває у межах від 1050 до 1480° С,

д2) зона виробітку розплаву становить від 40 до 100 К,

д3) в'язкість розплаву при температурі 1450°С становить від 30 до 160 дПа·с,

д4) в'язкість розплаву при температурі 1300°С становить від 200 до 1500 дПа·с,

д5) співвідношення в'язкості (в дПа·с) та поверхневого натягу (в Н/м) лежить у межах від 10 до 100,

д6) енергія активації в'язкого протікання розплаву становить не більше 290 кДж/моль; і

е) співвідношення висоти розплаву у фідері (h_s) та висоти розплаву у плавильній ванні (h_w) становить $(h_s) : (h_w) = (0,8 \div 1,1) : (2 \div 6)$.

Крім того, в оптимальному варіанті співвідношення площі поверхні розплаву у плавильній печі (F_w) та площі поверхні розплаву у фідері (F_s) становить $(F_w) : (F_s)$ від 0,5 до 1,5.

Крім того, в оптимальному варіанті співвідношення ширини фідера (B_s) та ширини плавильної ванни (B_w) становить $(B_s) : (B_w) = (0,8 \div 1) : (5 \div 12)$.

Оптимальне значення вищезгаданого співвідношення $(h_s) : (h_w)$ становить $(0,8 \div 1) : (2,5 \div 5)$.

Оптимальне значення вищезгаданого співвідношення $(F_w) : (F_s)$ становить від 0,6 до 1,3.

Під використанням нами терміном "гірська порода" слід розуміти основні та ультраосновні гірські породи, такі, як базальт, діабаз, андезит, амфіболіт, піроксен, порфірит і т. п., які утворилися внаслідок затвердіння і кристалізації магми (вивержені вулканічні гірські породи), які являють собою складну силікатну систему, що містить оксиди лужних та лужноземельних металів і характеризується високим вмістом оксидів заліза (до 15%).

Під "промисловими відходами, що містять скло" слід розуміти тверді промислові відходи, здебільшого ті, що складаються зі склоподібної фази або здатні утворювати склоподібний розплав чи розчиняються у склоподібному розплаві. До них належать шлаки, золи та пил.

Технічне скло застосовується у багатьох продуктах сучасної техніки, наприклад, в електротехніці, електроніці та хімічній промисловості. Відходи, що утворюються як при виробництві таких продуктів, так і після завершення терміну їх експлуатації (лампи, трубки і т. п.), містять важливу складову частину — скло (крім цього, вони містять також метали, пластмаси та ін.). Згідно з винаходом, відходи цього виду позначаються як "технічні скляні відходи". До цієї групи належать також скляні відходи, що утворюються при виробництві скла, але не завжди придатні для повторного використання у технологічному процесі.

Широкі дослідження показали, що для переробки у мінеральні волокна, особливо безперервні, придатним є розплав, реологічна поведінка (наприклад, в'язкість, температурна залежність в'язкості, енергія активації) та комплекс фізико-хімічних властивостей якого (наприклад, поверхневий натяг, змочування) відповідають вищезгаданим параметрам. Оптимальні значення цих параметрів лежать у таких межах:

а) зона вироблення розплаву становить від 60 до 80 К,

б) в'язкість при 1450°С становить 40-150 дПа·с,

з) в'язкість при 1300°С становить 200-1000 дПа·с,

д) енергія активації в'язкого протікання становить не більше 270 кДж/моль, причому, згідно з винаходом, співвідношення в'язкості та поверхневого натягу становить від 10 до 100 (с/м).

При цьому температура розплаву лежить у межах від 1050 до 1480°С, і різниця між нижньою температурою інтервалу виготовлення та температурою ліквідусу розплаву становить не менше 50 К.

Під інтервалом вироблення слід розуміти температурний інтервал на залежності в'язкості від температури, у межах якого можливе формування волокна з розплаву.

Розплави гірських порід та промислових відходів відрізняються інтенсивним забарвленням через високий вміст оксидів заліза порівняно з розплавами, застосовуваними у виробництві скловолокна, що спричинює значний градієнт температур по висоті розплаву у ванній печі та фідері. Швидкість охолодження розплаву у поверхневому шарі розплаву є значно вищою за швидкість охолодження "середньої" скломаси, що використовується для виробництва волокна. Процеси тепло- та масообміну у "чорних" розплавах (ступінь чорноти до 0,9) істотно відрізняються від закономірностей, відомих з досвіду переробки скла. Таким чином, через сильне теплове випромінювання на поверхні розплаву утворюється так звана "шкаралупа" у вигляді затверділого розплаву, яка перешкоджає теплообмінові між гарячим топковим газом та глибоко розташованими шарами розплаву. Внаслідок цього поверхнева зона характеризується більш високим градієнтом температур по висоті.

Для скляних відходів це виявляється у відносній неоднорідності розплаву порівняно з традиційною скломасою.

Встановлено, що стабільність процесу волокноутворення може бути забезпечена шляхом відбору розплаву з певними властивостями через пристрій певної конструкції у чітко визначеній зоні.

Зона відбору розміщується у межах розплаву, що перебуває у фідері. При цьому реологічна поведінка та комплекс фізико-хімічних властивостей розплаву у межах зони відбору визначаються описаними вище параметрами розплаву.

Згідно з винаходом, відбір розплаву для процесу волокноутворення відбувається через струменевий підживлювач. Цей струменевий підживлювач складається з однієї або кількох трубочок. Зокрема, трубочка (трубочки) проходить через дно фідера і розміщується у розплаві таким чином, щоб розплав надходив у трубочку

(трубочки) з зони відбору. З верхньої частини трубочки розплав практично в ізотермічному стані перетікає в Pt-Rh фільтрну судину (далі позначається як фільтрний пристрій). У фільтрному пристрої розплав формується у волокна, які витягуються за допомогою обладнання для витягування ниток. Звичайно діаметр волокон становить від 2 до 35 мкм. Для текстильної переробки більш придатними є волокна діаметру від 5 до 25 мкм.

На завершення способу на волокна наноситься замащувач при проходженні через пристрій по нанесенню замащувача.

Зниження обривності та поліпшення якості мінеральних волокон, а отже, й текстильної переробки, досягається тим, що, згідно з запропонованим способом, для виробництва мінеральних волокон відбір розплаву відбувається через підживлювач, ступінь заглиблення якого, заміряний від дна фідера, обирається таким чином, щоб співвідношення ступеня заглиблення (h_{ET}) та висоти розплаву над верхньою крайкою підживлювача (h_0) становило $h_{ET}/h_0 = 0,25-4$.

Збільшення ступеня заглиблення (співвідношення $h_{ET}/h_0 > 4$) призводить до того, що у трубочку надходить перегрітий розплав, що має знижену в'язкість. Це призводить до коливань діаметру волокна, а отже - до збільшення обривності. Розплав, що відбирається при низькому ступені заглиблення, має нижчу температуру й вищу в'язкість, ніж це необхідно для формування волокна. Крім того, у розплаві можуть утворюватись кристали, що сприяють підвищенню обривності при виробленні волокна.

Завдяки оптимальному варіантові втілення способу, розплав може додатково надходити через отвори у кожусі (відповідно трубочка) струменевого підживлювача до внутрішньої частини трубочок. Це забезпечує надходження гомогенного розплаву у зону формування волокна, знижує вплив процесу завантаження сировинних матеріалів на коливання температур та температурний розподіл у плавильній печі, а також практично повністю виключає кристалізацію у фільтрній цибуліні. Внаслідок цього можуть бути виготовлені безперервні волокна високої якості з обривністю, що дорівнює 0,9 обривів елементарного волокна на кілограм волокон. Продуктивність становить 150 кг/день на один формуючий агрегат.

Оптимальний розвиток способу може полягати у використанні кількох струменевих підживлювачів, які поодиночі або усі разом можуть переміщуватись для забезпечення вищезгаданого співвідношення. Після того розплав може надходити у струменевий підживлювач не лише через верхній отвір, але й разом з ним і через бокові отвори у кожусі трубочок (струменевого підживлювача).

Перевага способу полягає в тому, що мінеральні волокна можуть бути одержані з гірських порід (наприклад, базальту) за один етап без введення додаткових добавок. Оскільки застосовувані гірські породи в межах одного родовища мають відносно стабільний хімічний склад, їх можна безпосередньо використовувати для одержання волокна. При цьому знижуються енерговитрати порівняно з процесом варення багатокомпонентної шихти, оскільки гірська порода являє собою затверділий розплав. Стадії силікатоутворення, гомогенізації та освітлення розплаву, що є необхідними при одержанні розплаву з шихти й споживають багато енергії, у випадку з заявленими згідно з винаходом сировинними матеріалами є незначними або взагалі не мають місця. Застосування багатокомпонентної шихти для отримання скломаси виявляє також проблеми, пов'язані з досягненням однорідності при змішуванні компонентів та стабільності шихти (розшарування). Цей недолік усувається при використанні однокомпонентної шихти.

Вибір розмірів частинок сировинних матеріалів впливає з можливостей рівномірного дозування та подачі в плавильну піч та обмежень, які необхідно передбачати у зв'язку з впливом процесів завантаження сировини на коливання температури у плавильній печі.

Використання тонкозернистого матеріалу спричинює збільшення витрат енергії та часу на видалення повітря, втягнутого з дрібними частинками, і гомогенізацію розплаву.

Гомогенний розплав, готовий для формування волокна з вищезгаданих сировинних матеріалів, краще отримати у плавильній печі та фідері, геометричні розміри яких попередньо обирають і узгоджують таким чином, що розплав має стабільне протікання без пульсації та коливань. Зокрема, розплав відбирається в описаній вище зоні відбору і у відносно ізотермічному стані подається підживлюючим пристроєм (струменевий підживлювач або пластина) до фільтрного пристрою (фільтрна посудина або фільтрна пластина). При цьому геометрія впливає на те, щоб стан розплаву відповідав вимогам складного процесу витягування волокна.

У зв'язку з особливостями хімічного складу та властивостями "чорних" розплавів, зокрема, низькою теплопрозорістю, використання плавильних агрегатів скловолокнистого виробництва є неможливим через їхні геометричні розміри та пропорції. У виробництві скловолокна розрізняють одно- та двоетапні способи. Згідно з одноетапним способом розплав отримують з багатокомпонентної шихти і витягують у волокно через фільтрний пристрій. Плавильна піч має зони плавлення, освітлення та студіння. Зона студіння може розміщуватись також у фідері. Подібного вигляду плавильні печі для розплавів, що їх захищає винахід, є надто великими, оскільки умови для гомогенізації розплаву з використовуваних сировинних компонентів є більш сприятливими порівняно з багатокомпонентною шихтою. Причому стадії силікато-, склоутворення і освітлення протікають швидше, з незначними витратами енергоресурсів або відсутні взагалі. Згідно з двоетапним способом виробництва скловолокна, на першому етапі плавиться скло, яке потім формується у вигляді кульок. На другому етапі кульки розплавляються у плавильному агрегаті й витягуються у волокно через фільтрний пристрій. Ці агрегати є непридатними для розплавлення заявлених сировинних матеріалів, оскільки у них неможливо гарантувати достатню однорідність відповідних розплавів. Для забезпечення доступу однорідного розплаву у фідер необхідно, щоб співвідношення площі дзеркала розплаву у плавильній печі та площі дзеркала розплаву у фідері становило від 0,5 до 1,5. Застосування такого пристрою гарантує стабільне надходження гомогенного розплаву у фідер та підживлювач при оптимальному споживанні палива й оптимальних температурних умовах у розплаві, а, відтак, і стабільний процес волокнутворення зі зниженою обривністю.

При співвідношенні площі дзеркала розплаву у плавильній печі та площі дзеркала розплаву у фідері, яке є меншим за 0,5, у плавильній печі можуть з'являтися кристалічні утворення, які спричиняють значні порушення процесу волокнутворення або повне його припинення.

Якщо співвідношення площі дзеркала розплаву у плавильній печі та площі дзеркала розплаву у фідері є вищим за 1,5, це вимагає підвищеного споживання палива, оскільки зростає площа дзеркала розплаву у

плавильній печі порівняно з площею у фідері. Продуктивність пристрою істотно залежить від розмірів зони формування. Тому при однаковій продуктивності плавильної печі можуть споживатись більше сировинних матеріалів і зростати витрати енергії.

Важливу роль у здійсненні процесу рівномірної подачі розплаву на формування відіграє співвідношення ширини плавильної печі та ширини фідера. При цьому під шириною слід розуміти січну, проведenu перпендикулярно до напрямку головного потоку розплаву у плавильному агрегаті, що складається з плавильної печі та фідера, і розташованого у горизонтальному напрямі. При дотриманні співвідношення ширини фідера (B_s) та ширини плавильної печі (B_w) як $(0,8 \div 1) : (5 \div 12)$ гарантується рівномірна подача розплаву у фідер, і пульсації розплаву не буде, причому відбір розплаву через підживлюючий пристрій стабілізується. У випадку, якщо плавильна піч буде вузькою ($B_w < 5$), може виникнути пульсація потоку розплаву у фідері, й рівномірна подача розплаву з зони відбору розплаву не може бути гарантована. Широка плавильна піч зменшує швидкість руху потоків у плавильній печі, і це може спричинити утворення так званих "мертвих зон", що збільшує ризик кристалізації розплаву, й підтримання необхідного температурного режиму вимагає підвищеного споживання енергії.

Для утворення зони відбору велике значення має співвідношення висот розплаву у плавильній печі та фідері, особливо у зв'язку з технічною реалізацією відбору розплаву через підживлювач. Згідно з винаходом застосовуване співвідношення висоти розплаву у фідері (h_s) та висоти розплаву у плавильній ванні (h_w) відповідає $(h_s):(h_w)=(0,8 \div 1,1):(2 \div 6)$, що є особливо істотним при співвідношенні $(0,8 \div 1):(2,5 \div 5)$.

Висота розплаву у фідері обмежується вже згаданими особливостями температурного розподілу по висоті розплаву. Отже, для виробництва безперервних мінеральних волокон з гірських порід виправдала себе висота розплаву від 40 до 80 мм. Склоподібні відходи можуть витягуватись у безперервне волокно при висоті розплаву від 40 до 70 мм. Для технічних склоподібних відходів при переробці у безперервне волокно висота розплаву може бути від 60 до 100 мм.

Однією з особливостей виробництва волокон з гірських порід є високий вміст оксидів заліза, при цьому співвідношення Fe_2O_3 та FeO , наприклад, лежить у межах $(1,93 \div 10,8) : (1,17 \div 11,8)$, причому вміст обох компонентів може становити до 15% ваг. Обидва оксиди справляють складний вплив на стан розплаву: Fe^{2+} і Fe^{3+} впливають на інтенсивність забарвлення розплаву, в'язкість та кристалізаційні властивості. Fe^{2+} забарвлює розплав у 15 разів інтенсивніше, ніж Fe^{3+} причому Fe^{3+} знижує в'язкість розплаву, а Fe^{2+} підвищує. Водночас відомо, що Fe^{3+} впливає на кристалізаційні властивості (сприяє зародкоутворенню та росту кристалів). Отже, шляхом регулювання окислювально-відновних умов у плавильній печі й на виробітку можна встановити співвідношення Fe^{2+}/Fe^{3+} , де внаслідок переходу Fe^{2+} у Fe^{3+} інтенсивність забарвлення розплаву (чорнота) буде знижуватись, і у зв'язку з цим теплопровідність розплаву у глибоких шарах покращуватиметься, що також впливатиме на зміни в'язкості у фідері. Дослід показав, що плавлення в окислювальних умовах сприяє стабілізації температурного режиму й забезпечує високу якість волокон. Однак волокна можуть бути одержані також при плавленні у нейтральних або відновних умовах.

Відомо, що співвідношення Fe^{2+}/Fe^{3+} впливає на властивості одержуваних волокон (наприклад, термостійкість та діелектричні показники). Тому властивості волокон можна додатково модифікувати шляхом регулювання окислювально-відновних умов через співвідношення паливо/кисень.

Предметом винаходу є також пристрій для здійснення способу. Ця частина винаходу докладніше описується за допомогою фігур.

Фіг. 1 являє собою схему пристрою згідно з винаходом.

Фіг. 2 являє собою схему струменевого підживлювача і демонструє зону відбору розплаву згідно з винаходом.

Фіг. 3 являє собою схему фідера з фільтрною пластиною згідно з винаходом.

Згідно з Фіг. 1, розплавлення сировини відбувається у плавильній печі 1, причому гарячий розплав з поверхневої зони надходить у фідер 2. У фідері 2 здійснюється надходження розплаву в підживлювач, який може бути виготовлений у вигляді струменевого підживлювача 5 або фідерного бруса 17. З підживлювача розплав подається до фільтрного пристрою, об'єднаного з витягуючим пристроєм.

Висота розплаву у плавильній печі обирається за вищевказаними співвідношеннями. Виконання вимог способу досягається використанням пристрою, у якому дно плавильної печі може рухатись/змінюватись по висоті таким чином, що співвідношення висоти розплаву у фідері (h_s) та висоти розплаву у плавильній ванні (h_w) можна визначати відповідно як $(h_s):(h_w) = (0,8 \div 1,1):(2 \div 6)$.

При цьому дно плавильної печі 3 може бути піднятим шляхом додаткового вмонтовування вогнетривких матеріалів при проведенні чергового ремонту печі. Переміщення дна плавильної печі 3 може бути також здійснене механічно.

Інша можливість зміни співвідношення висот розплаву полягає у зміні положення перехідної зони між рідким та застиглим розплавом (відповідає "мертвій зоні") у плавильній печі 1 шляхом імітації переміщення дна 3 у вертикальному напрямі.

При більшій висоті розплаву у плавильній печі 1 зростає питоме споживання енергії на розплавлення сировини до однорідного розплаву. У зоні переходу від плавильної печі 1 до фідера 2 можуть утворюватись так звані "мертві зони" з дуже низькою швидкістю протікання. У дуже плоских плавильних печах недостатньо однорідний розплав може потрапити у фідер, внаслідок чого розплав, який є непридатним для формування волокна, потрапляє у підживлювач, і процес волокнуутворення припиняється.

У найбільш вигідному виконанні пристрій оснащено на переході від плавильної печі 1 до фідера 2 поріжком 15, що проходить від дна фідера 6 та/або загородним блоком 16, розташованим на рівні дзеркала розплаву.

Загородний блок 16 перешкоджає проникненню перегрітого та/або неоднорідного розплаву з плавильної печі 1 у фідер 2. Шляхом відокремлення поверхневих шарів розплаву у плавильній печі 1 та фідері 2 ускладнюється також утворення обтяжуючої "шкаралупи" (застиглого розплаву) при теплообміні між енергоносієм та розплавом. Поріжок 15 ускладнює проникненню високов'язкого (до холодного) розплаву у фідер 2 й сприяє підготовці гомогенного розплаву для відбору із зони відбору 8.

У подальшому виконанні способу згідно з Фіг. 3 відбір розплаву здійснюють з фідеру 2 через фідерний брус 17, причому отвір для протікання 19 обгороджено пропускним поріжком 18, який забезпечує відбір розплаву з зони відбору розплаву 8.

Розплав вкриває дно фідера 2, в якому міститься фідерний брус 17. Під фідерним брусом 17 міститься фільерна пластина 20 з електричним обігріванням, на яку надходить віддозований розплав. Якщо співвідношення площі поперечного перерізу (F_0) отвору для протікання 19 та суми площ поверхонь перерізів фільєрних отворів (ΣF_D) фільєрної пластини 20 перебуває у межах від 10 до 50, створюються оптимальні умови для волокнуутворення, тобто для формування стабільної цибулини. Внаслідок постійного й рівномірного температурного поля у фільєрному пристрої поліпшується якість волокна, й обривність істотно знижується. Обсяг цибулини залежить від таких технологічних параметрів: діаметру фільєри, температури фільєрної пластини та ступеня наповнення фільєрного пристрою. Якщо верхню межу буде перевищено, утворюватиметься надлишок розплаву, що спричинює збільшення ступеню наповнення фільєрного пристрою.

Якщо верхню межу буде перевищено, утворюватиметься надлишок розплаву, що спричинює збільшення ступеню наповнення й утруднення формування цибулини, внаслідок чого стабільний процес волокнуутворення порушуватиметься. Якщо нижня межа вказаного співвідношення поперечних перерізів не досягатиметься, може бути перерване безперервне надходження розплаву на формування, що спричинить коливання діаметру волокна до обриву окремих волокон та зниження продуктивності посудини для формування волокна. Фільєри повинні мати площу поверхні від 1,0 до 5,5 мм². Якщо площа перерізу буде меншою, буде ускладнене формування цибулини; якщо площа перерізу буде більшою, цибулина перетвориться на струмінь, діаметр волокон зросте й обривність підвищиться. Подачу розплаву при цьому звичайно відрегульовано таким чином, що питома витрата розплаву на одну фільєру становить від 0,2 до 1 г/хв. Волокна витягуються за допомогою витягуючого пристрою 22.

В іншому вигідному виконанні первинні волокна з витягуючого пристрою 22 потрапляють у камеру роздуву 23, де вони згідно з традиційним способом роздуву роздуваються гарячим потоком газу у супертонкі волокна 25 (діаметр волокон менше за 7 мкм). Отримувані у такий спосіб первинні волокна мають стабільні параметри для стадії роздуву і можуть бути використані для виробництва супертонких волокон з незначними коливаннями властивостей і супер- та мікротонких волокон з діаметром від 0,5 до 2 мкм.

При отриманні особливо грубих волокон (діаметром до 400 мкм) елементарні волокна відбираються одразу після витягуючого пристрою й переробляються у джуги або застосовуються для різних композиційних матеріалів.

При використанні замість струменевого підживлювача 5 фідерного бруса 17, останній може нахилитися під кутом до 30 градусів.

Представлений на Фіг. 2 струменевий підживлювач 5 складається з трубки 7, яка входить у розплав через отвір у дні фідера 2. Струменевий підживлювач може також складатися з кількох трубочок, як це показано на Фіг. 1, причому в цьому випадку трубочки сполучаються між собою під фідером 2 і можуть переміщуватися у вертикальному напрямі як кожна поодиноці, так і групою. Під струменевим підживлювачем можна розуміти як окрему трубочку, так і групу трубочок. Група трубок переміщується у масі таким чином, що частка від ділення ступеня заглиблення (h_{ET}) на висоту розплаву над верхньою крайкою трубочок (h_0) становить від 0,25 до 4.

Як уже зазначалось, у зоні розплаву між плавильною піччю та фідером корисно встановлювати поріжок 15, що йде від дна фідера та загородного блоку 16, розташованим на рівні дзеркала розплаву 4.

При застосуванні позначеної у винаході групи сировинних матеріалів для виробництва мінерального волокна використовуються дешеві й екологічно бездоганні сировинні матеріали (гірська порода) або екологічно шкідливі матеріали, які перетворюються на економічно рентабельні продукти. Оскільки ці сировинні матеріали здебільшого містять скло, одночасно відбувається зниження енергетичних витрат на розплавлення/плавлення сировини.

Водночас можуть бути використані добрі фізичні та/або хімічні властивості мінеральних волокон, зумовлені хімічним складом розплавів, одержаних згідно з винаходом. Ці волокна показують порівняно з відомими скляними волокнами поліпшені фізично-хімічні властивості, як, наприклад, діелектричні властивості, термостійкість, хімічну стійкість, механічну міцність. Крім того, ці волокна мають деякі зовсім нові властивості (комбінацію властивостей), які можуть відкрити нові зони застосування мінеральних волокон або відповідно замінити більш дорогі спеціальні волокна, наприклад, при армуванні цементу/бетону, захисті від випромінювання, теплоізоляції у температурному інтервалі до 900/1000°C, як носії каталізаторів і т. д. Відтак, виникає можливість звести до мінімуму широкі дослідницькі роботи, необхідні для пристосування відомих хімічних складів стекел під конкретне застосування, і шляхом вибору підходящих та економічно привабливих сировинних матеріалів вигідно розробляти й виробляти волокна з потрібним комплексом властивостей.

Мінеральні волокна, що їх виготовляють згідно з винаходом, є придатними для виготовлення сталок, ровінгу, скрученої нитки, шнурів та окремих волокон, які, в свою чергу, можуть бути використані для виробництва тканин та непрошивних матеріалів різної структури, або для введення їх у композиційні матеріали на основі полімерів або композитів у широких галузях техніки, наприклад, ізоляції, електротехніці, автомобілебудуванні, будівництві. Як окремо, так і всі разом, ці волокна можуть бути використані у поєднанні з іншими матеріалами, наприклад, металом, папером, скловолокном, натуральними волокнами.

Винахід стосується також використання безперервних волокон, отриманих з гірських порід для виробництва тканин, нетканних матеріалів та композитів, і, зокрема, застосування безперервних волокон з гірських порід у вигляді рублених штапельних волокон з визначеними геометричними розмірами.

Більш докладно винахід пояснюється на наведених нижче прикладах.

Приклад 1

Андезит-базальт такого хімічного складу (ваг. %): 55,7 SiO₂, 19,5 Al₂O₃, 7,91 CaO, 7,8 (Fe₂O₃ + FeO), 3,9 MgO, 1,9 Na₂O, 1,57 K₂O, 0,72 TiO₂, 0,13 P₂O₅, 0,11 MnO, був механічно подрібнений до розміру частинок 40-60 мм і завантажений у плавильну піч 1 прямого нагріву. При температурах 1165-1375°C базальт був розплавлений. Для поліпшення однорідності розплаву температура у плавильній печі може бути підвищена до 1450°C. Плавильну піч

1 було сполучено з фідером 2. Відбір розплаву для волокноутворення здійснювався струменевим підживлювачем 5. Співвідношення ступеня заглиблення трубочки струменевого підживлювача та висоти розплаву над його краєм у фідері становило 1,4. Розплав спрямовувався до 200 фільєрної посудини 10 через трубочку 7 струменевого підживлювача 5. Вироблення волокна через фільєрну посудину здійснювалося в температурному інтервалі 1390-1450°C.

Виготовлюваний базальтовий розплав мав такі параметри:

Інтервал вироблення розплаву: 60K;

Різниця між температурою ліквідусу та нижньою температурою вироблення:

160K;

В'язкість при 1300°C: 1000 дПа·с;

В'язкість при 1450°C: 150 дПа·с;

Співвідношення в'язкості η (в дПа·с) та поверхневого натягу γ (у Н/м) становило 50;

Енергія активації в'язкого протікання $E_{\eta} = 240$ кДж/моль.

При витягуванні безперервних волокон 11 з розплаву, що перебуває у PtRh посудині 10, первинні волокна, що виходять з фільєр, намотувались на барабан пристрою для витягування ниток 14. Отримані базальтові волокна мали діаметр від 7 до 15 мкм. В умовах виробництва було досягнуто обривності до 0,8 обривів на кг волокна, що згодом дозволило здійснити текстильну переробку волокна. Волокна були перероблені у тканину й використані для армування пластика. Використовуваний пристрій мав такі параметри:

Співвідношення площ поверхонь розплаву (F_w) : (F_s) = 0,64.

Ширина фідера (B_s) співвідносилася з шириною плавильної ванни (B_w) як 1:5.

Висота розплаву у фідері (h_s) співвідносилася з висотою розплаву у плавильній ванні (h_w) як 1 : 4.

Приклад 2

Безперервні мінеральні волокна були вироблені з зол електростанцій з додаванням крейди згідно з винаходом. Зола складалася з таких компонентів (ваг. %): 43,6 SiO₂, 16,2 Al₂O₃, 1,6 Fe₂O₃, 5,25 FeO, 0,7Li₂O, 26,7 CaO, 3,11 MgO, 0,67 K₂O та 2,17 інших складових.

З 65% золи, що відповідала наведеному вище складові, з додаванням крейди, були вироблені безперервні волокна діаметром до 15 мкм.

Приклад 3

В лабораторних умовах були отримані згідно з винаходом безперервні волокна з технічних скляних відходів (трубки люмінесцентних ламп), що мали такий склад (ваг. %): 72,0 SiO₂, 19,5, 18,0 (Na₂O+K₂O), 8,0 (CaO+MgO+BaO), 2,0 Al₂O₃, 0,01FeO, сліди PbO, Sb₂O₃, As₂O₃, Cd, Ti та інші складові. Температура вироблення становила 1100-1300°C, при цьому були отримані волокна діаметром 7-8 мкм.

Перелік використовуваних позначень та термінів

1.Плавильна піч

2.Фідер

3.Дно плавильної печі

4.Дзеркало розплаву

5.Струменевий підживлювач

6.Дно фідера

7.Трубочка

8.Зона відбору

9.Стік

10.Фільєрна посудина

11.Волокно (елементарне волокно)

12.Сталка

13.Нанесення замащувача

14.Пристрій для витягування ниток

15.Поріжок

16.Загородний брус

17.Фідерний брус

18.Пропускний поріжок

19. Отвір для протікання

20. Фільєрна пластина

21. Первинні волокна

22. Витягуючий пристрій

23. Камера роздуву

24. Головка для дуття

25. Супертонкі короткі волокна

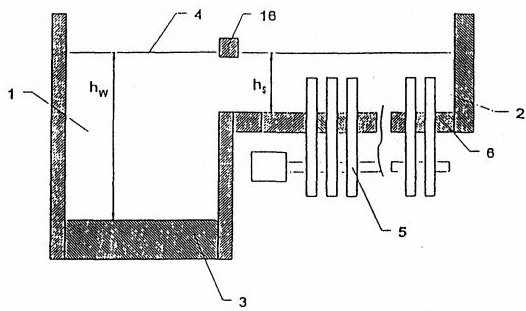
26. Сталка волокна

h_s Висота розплаву у фідері

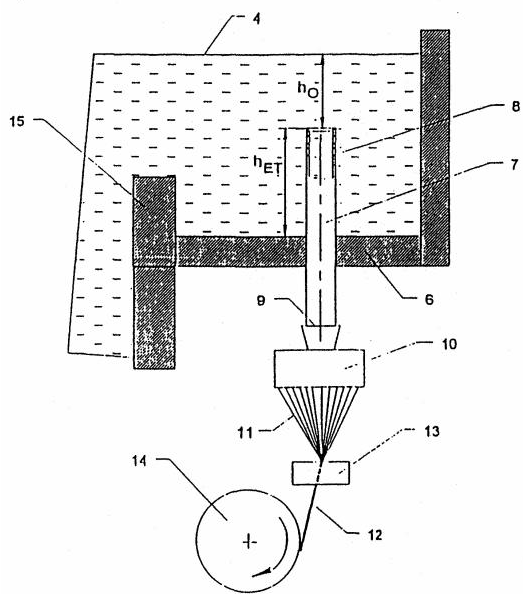
h_w Висота розплаву у плавильній печі

h_{ET} Ступінь заглиблення трубочки

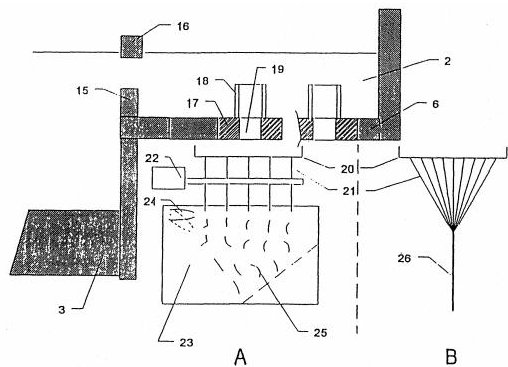
h_o Висота шару розплаву над верхньою крайкою трубочки у фідері



ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3