

(19) C2 (11) 72250 (13) UA

(98) а/с 3, м. Київ-119, 04119

(85) 2002-01-17

(74) Черепов Леонід Володимирович, (UA)

(45) [2005-02-15]

(43) [2002-04-15]

(24) 2005-02-15

(22) 2000-06-12

(12) null

(21) 2001128712

(46) 2005-02-15

(86) 2000-06-12 PCT/CZ00/00042

(30) PV 1999-2185 1999-06-17 CZ PV 2000-968 2000-03-17 CZ PV 2000-1935 2000-05-25 CZ

(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ЗІ СКЛА ТА ПРИРОДНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЗОКРЕМА В
УЛКАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ Translated By PlajСПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ИЗ
СТЕКЛА И ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, В ЧАСТНОСТИ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ A METHOD AND AN APPARATUS F
OR HEAT TREATMENT OF GLASS MATERIALS AND NATURAL MATERIALS, IN PARTICULAR OF VOLCANIC ORIGIN

(56) EP 0349405 A, 03.01.1990 2 DE 19541133 A, 30.04.1997 2 EP 0496670 A, 29.07.1992 2

(71)

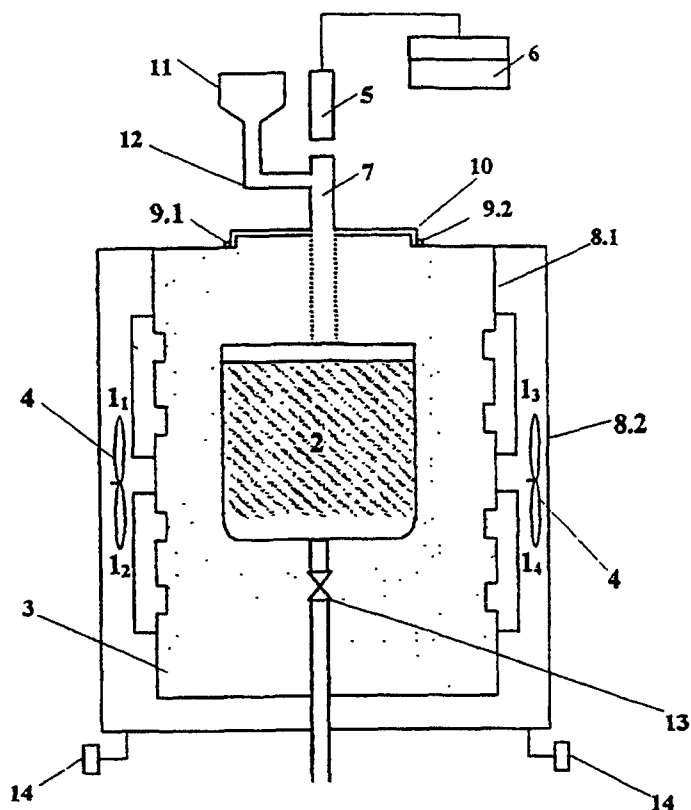
(72) CZ Гаек Мілан CZ Гаек Мілан CZ Гаек Мілан CZ Драгош Їржі CZ Драгош Їржі CZ Драгош Їржі CZ Волф Вацлав С
Z Волф Вацлав CZ Волф Вацлав CZ Взаб Ярослав CZ Взаб Ярослав CZ Взаб Ярослав

(73) CZ УСТАВ ХЕМІЦКІХ ПРОЦЕСУ АКАДЕМІЄ В'ЇД ЧЕСКЕ РЕПУБЛІКІ CZ УСТАВ ХЕМІЦКІХ ПРОЦЕСУ АКАДЕМІЄ В'
ЇД ЧЕСКЕ РЕПУБЛІКІ CZ УСТАВ ХЕМІЦКІХ ПРОЦЕСУ АКАДЕМІЄ В'ЇД ЧЕСКЕ РЕПУБЛІКІ

Объектами изобретения являются способ и устройство для термической обработки стекла и природных материалов, в частности, вулканического происхождения. В соответствии со способом термической обработки, обрабатываемый материал при температуре в диапазоне от температуры окружающей среды до 1800°C подвергают действию микроволн с частотой колебания от 1 МГц до 10 ГГц в непрерывном или периодическом процессе обработки. В процессе плавления или рафинирования в стекло или природные материалы добавляют инертную добавку, выбранную из группы карбидов, нитридов или боридов в количестве от 1 до 100 г на 1 кг стекла или естественных материалов, желательно 5-50 г. Устройство состоит из микроволновой печи, которая имеет внешнюю оболочку с крышкой, внутреннюю оболочку и установленный между ними по крайней мере один микроволновой генератор с двойной эмиссией и мощностью от 0,1 до 1 кВт на 1 кг обработанного материала.

Об'єктами винаходу є спосіб і пристрій для термічної обробки скла та природних матеріалів, зокрема, вулканічного походження. Відповідно до способу термічної обробки, оброблюваний матеріал при температурі у діапазоні від температури навколишнього середовища до 1800°C піддають дії мікрохвиль з частотою коливання від 1 МГц до 10 ГГц у безперервному чи періодичному процесі обробки. У процесі плавлення чи рафінування до скла чи природних матеріалів додають інертну добавку, вибрану з групи карбідів, нітридів чи боридів у кількості від 1 до 100 г на 1 кг скла чи природних матеріалів, бажано 5-50 г. Пристрій складається з мікрохвильової печі, що має зовнішню оболонку з кришкою, внутрішню оболонку і встановлений між ними принаймні один мікрохвильовий генератор з подвійною емісією і потужністю від 0,1 до 1 кВт на 1 кг обробленого матеріалу.

A method of heat treatment of glass materials and natural materials specifically of volcanic origin according to which the treated material is exposed to microwave radiation at a frequency range from 1 MHz to 10 GHz and temperature range from the ambient temperature to 1800°C in a batch or continuous process. The glass or natural material subjected to a melting and/or refining process contains an inert additive selected from the group comprising carbides, nitrides or borides in an amount from 1 to 100 g preferably 5 to 50 g per 1 kg of the glass or natural material. The apparatus consists substantially of a microwave furnace comprising an outer shell (8.2) provided with a cover (10) and an inner shell (8.1) and at least one microwave generator (1.1, 1.2, 1.3, 1.4) with double emission and total power from 0.1 to 1 kW per 1 kg of the treated material.



1. Спосіб термічної обробки матеріалів зі скла та природних матеріалів, зокрема, вулканічного походження, який **відрізняється** тим, що в періодичному чи безперервному процесі виробництва матеріал при температурі в діапазоні від температури навколишнього середовища до 1800°C піддають дії мікрохвиль з частотою коливання від 1 МГц до 10 ГГц .
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що частота коливання мікрохвиль лежить у діапазонах 1 МГц-100 МГц, бажано 27 МГц, і 500 МГц-10 ГГц, бажано 896 МГц, 915 МГц чи 2450 МГц.
3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що на 1 кг оброблюваного матеріалу зі скла чи природного матеріалу додають 1-100 г, бажано 5-50 г, інертної добавки, яку вибирають із групи карбідів, нітридів чи боридів.
4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що інертні добавки вибирають із групи, до якої входять карбід вольфраму, карбід кремнію, карбід бору, нітрид кремнію, борид титану, борид ніобію, борид ванадію, борид вольфраму, борид цирконію, борид алюмінію та їх суміші.
5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що матеріалом зі скла є будь-яке бите скло, скляна шихта, чи їх суміш, а природним матеріалом є базальт, граніт, мармур, андезит, сієніт та інші матеріали, що поглинають мікрохвилі.
6. Пристрій для здійснення способу за п. 1-5, який **відрізняється** тим, що в його основу входить мікрохвильова піч, яка має зовнішню оболонку з кришкою, внутрішню оболонку, встановлений між ними принаймні один мікрохвильовий генератор з подвійною емісією та потужністю від 0,1 кВт до 1 кВт на 1кг обробленого матеріалу та резервуар усередині внутрішньої оболонки.
7. Пристрій за п. 6, який **відрізняється** тим, що усередині піч заповнена термоізоляційним матеріалом, вибраним із групи, до якої входять оксид алюмінію - корунд чи оксид кремнію - кварц, який має термостійкість до 1750°C.
8. Пристрій за п. 6 або 7, який **відрізняється** тим, що кришка оснащена принаймні одним аварійним вимикачем і горловиною, випромінювання від якої приводить в дію додатковий, чутливий до інфрачервоних променів елемент, сигнал від якого надходить до термометра і регулятора, оснащеного мікропроцесором, який контролює мікрохвильовий генератор.
9. Пристрій за будь-яким з пп. 6-8, який **відрізняється** тим, що резервуар має боковий чи нижній вивідний отвір.
10. Пристрій за будь-яким з пп. 6-9, який **відрізняється** тим, що має кільцата, закріплені на зовнішній оболонці.

Винахід стосується способу термічної обробки скла та природних матеріалів, зокрема вулканічного походження. Під термічною обробкою матеріалів зі скла : розуміють плавлення чи рафінування битого скла, скляної шихти чи їх сумішей, а також закалювання чи формування скла. Відповідно, плавлення чи рафінування матеріалів вулканічного походження, таких як базальт, граніт, мармур, андезит, сієніт та інших, здійснюють з метою одержання корисних матеріалів, таких як керамічна плитка для підлоги, плитка для облицювання стін, стержні, бруси, волокно, вата для ізоляції, художні вироби, різний скляний посуд і т.д.

Крім цього, винахід стосується пристрою для здійснення способу.

Обробку скла (для отримання скломаси чи первинного скла) чи природних матеріалів, зокрема вулканічного походження, таких як базальт, на сьогодні здійснюють, майже винятково, у склоплавильних або плавильних газових печах. Газові печі стійкі, але дуже важкі, оскільки мають товстий шар ізоляції з вогнетривкої глини, який є необхідним, оскільки печі нагрівають повністю. Таким чином їх не можна переміщати з місця на місце, наприклад, на виставку. Крім цього, при згорянні великої кількості газу утворюється багато диму, шкідливого для навколишнього середовища, а також значно підвищується рівень теплової радіації на робочому місці, тобто умови праці несприятливі.

Були спроби замінити газові склоплавильні печі електричними, але через вимоги до таких параметрів, як температура, вихід скла та споживання енергії, використання їх дуже обмежене, головним чином з економічних причин. Процес плавлення матеріалів зі скла чи природних матеріалів класичними методами і нагрівання проходить дуже повільно, в основному, через низьку теплопровідність ; матеріалів. Крім цього, деяке скло чи природні матеріали, зокрема ті, що містять залізо, такі як дугове скло чи базальт, ефективно відбивають інфрачервоні промені, таким чином температура різко знижується від поверхні матеріалу до його центру, а отже товщина шихти повинна бути обмеженою.

При спробах застосувати технологію мікрохвильового випромінювання виникли значні труднощі, оскільки більшість скла є дуже прозорим. При температурі навколишнього середовища прозоре скло не поглинає мікрохвилі, для того щоб воно їх поглинало, його необхідно активувати. Відомо також, що при певній температурі - близько 500°C і вище, позитивно заряджені іони лугу в негативні заряджених міжвузлях набувають властивостей активного диполу, що є основною умовою поглинання мікрохвиль. Для попереднього нагрівання матеріалу можна використати електричний струм, але у цьому випадку піч повинна бути як електричною, так і мікрохвильовою, дизайн такої печі коштує досить дорого, а потужність її обмежена.

Ф.Г.Вісманн, Р.Кокошко та К.Форкель для попереднього нагрівання прозорих матеріалів, таких як азбест і діатоміт, використовують різні добавки, що здатні поглинати мікрохвилі, наприклад, порошок заліза, трихлорид заліза чи буру (Ф.Г.Вісманн, Р.Кокошко, К.Форкель, "Скловаріння і кераміка" 46 75 (1996)). Однак, ці сполуки є непридатними для додавання їх до матеріалів зі скла, тому що вони вступають у небажану хімічну реакцію зі скломасою і змінюють структуру та склад скла.

М.П.Нокс та Гл.Дж.Коплі покривають шихту матеріалом, який поглинає мікрохвилі, або перед процесом плавлення гідрують матеріал (М.П.Нокс, Гл.Дж.Коплі, "Технологія скла" 38, 91 (1997)).

Жоден із цих методів активації не є досконалим. Так, при покриванні мікрохвилі ізольовані від проникнення в шихту і теплота розподіляється, як і при класичному методі нагрівання. З іншого боку, ні гідрування, ні змочування не є ефективним засобом для нагрівання більшості скла до необхідної температури.

Об'єктом винаходу є новий спосіб термічної обробки матеріалів зі скла та природних матеріалів, зокрема вулканічного походження, із застосуванням технології мікрохвильового випромінювання, який дає можливість плавити, рафінувати чи гартувати матеріали в особливих умовах у повному діапазоні температур, необхідних для обробки будь-яких матеріалів, незалежно від їх складу чи структури.

Об'єктом винаходу є також пристрій для здійснення способу в періодичному чи безперервному процесах виробництва.

Відповідно до вищевказаного, у періодичному чи безперервному процесі виробництва оброблюваний матеріал при температурі у діапазоні від температури навколишнього середовища до 1800°C нагрівають під дією мікрохвильового випромінювання з частотою коливання 1МГц-10ГГц. Частоту мікрохвиль вибирають у діапазонах 1МГц-100МГц, бажано 27МГц, та 500МГц-10ГГц, бажано 896МГц, 915МГц та 2450МГц.

Щоб забезпечити надійне та швидке нагрівання при будь-якій температурі діапазону, на 1кг оброблюваного матеріалу зі скла чи природного матеріалу додають 1-100г інертної добавки, бажано 5-50г, яку вибирають із групи карбідів, нітридів чи боридів.

Інертну добавку вибирають із групи, до якої входять карбід вольфраму (WC), карбід кремнію (SiC), карбід бору (B₄C), карбід титану (TiC), нітрид ванадію (VN), нітрид бору (BN), нітрид кремнію (Si₃N₄), борид титану (TiB), борид ніобію (NbB₂), борид ванадію (VB₂), борид цирконію (ZrB₂), борид вольфраму (WB₂), борид алюмінію (AlB₂) та їх суміші.

Матеріалом зі скла може бути будь-яке бите скло, скляна шихта, а також їх суміші, а природнім матеріалом - базальт, граніт, мармур, андезит, сієніт та інші матеріали, що поглинають мікрохвилі.

Основним елементом пристрою для здійснення способу термічної обробки є мікрохвильова піч, яка має зовнішню оболонку, внутрішню оболонку і, принаймні, один, встановлений між ними, мікрохвильовий генератор з подвійною емісією та максимальною потужністю 0,1кВт-1кВт на 1кг обробленого матеріалу зі скла чи природного матеріалу, причому генератор кріпиться до внутрішньої оболонки.

Усередині піч заповнюють, переважно, термоізоляційним матеріалом, який вибирають із групи, до якої входять оксид алюмінію - корунд та оксид кремнію - кварц, термостійким до всіх температур, які не перевищують 1750°C. Кришку печі оснащують, принаймні, одним аварійним вимикачем і отвором для горловини, через яку матеріал надходить у резервуар. Чутливий до інфрачервоного випромінювання елемент передає сигнал до термометра та регулятора температури, оснащеного мікропроцесором, який контролює мікрохвильовий генератор.

Наявність у резервуарі нижнього чи бокового отвору для виведення розплавленої маси забезпечує безперервний процес виробництва. За допомогою коліщат, закріплених на зовнішній оболонці, піч можна легко переміщати з місця на місце.

Відповідно до винаходу, спосіб та пристрій базуються на застосуванні технології мікрохвильового випромінювання для вибіркового нагрівання скла, матеріалів зі скла та природних матеріалів, зокрема вулканічного походження, таких як базальт, граніт, мармур і т.д. Мікрохвилі рівномірно нагрівають матеріал, тоді як сама піч усередині залишається холодною. Таким чином, при застосуванні технології мікрохвильового випромінювання енергія витрачається, винятково, для плавлення, рафінування та загартовування необхідного матеріалу.

Перевагою винаходу є також додавання до скломаси чи шихти інертних матеріалів (наприклад, карбиду кремнію). Інертні матеріали поглинають мікрохвилі навіть при температурі навколишнього середовища і не впливають на властивості скла чи природних матеріалів. Таким чином, інертні добавки дають можливість плавити будь-яке скло, незалежно від його складу, розміру та ступеня прозорості, а також скляну шихту чи природні матеріали, зокрема вулканічного походження, які, наприклад, містять метал. Добавки значно прискорюють процес плавлення, який обумовлений тільки термостійкістю керамічного тигля. Металевий чи графітний тиглі не сприяють проникненню мікрохвиль, тому використовувати їх не можна.

При плавленні в мікрохвильовій печі можна повністю уникнути таких недоліків, як втрата матеріалу чи окислення матеріалу повітрям, тоді як властивості оброблюваного в печі матеріалу повністю зберігаються. При бажанні властивості матеріалу можна змінити, для цього контролюють режим плавлення. Наприклад, регулювання частоти та потужності мікрохвильового випромінювання дає можливість отримати із скляної шихти скло з різними властивостями (наприклад, щодо морфології, мікроструктури, міцності та ін.), у класичних склоплавильних печах це неможливо.

Перевагами винаходу, який оснований на застосуванні технології мікрохвильового нагрівання та модифікованої мікрохвильової печі, є:

- швидке та повне нагрівання - під повним нагріванням, яке відрізняється від класичного, розуміють рівномірне нагрівання матеріалу від поверхні до центру;
- вибіркове нагрівання - під вибірковим нагріванням розуміють нагрівання матеріалу, тоді як піч залишається холодною;
- відсутність, необхідності у постійному постачанні енергії - піч можна включати та виключати в будь-який час;
- зменшення витрат на експлуатацію завдяки низькому споживанню електроенергії - витікає із попередніх характеристик;
- нормальні умови праці - при плавленні в мікрохвильовій печі шкідливий для здоров'я дим не утворюється і не підвищується температура на робочому місці.

Крім цього, піч можна використовувати не тільки для плавлення, але й для рафінування, гартування та формування різних матеріалів зі скла, для плавлення декількох зразків скла наприклад з метою кольорового глазурування чи обробки природних матеріалів з метою виробництва корисних товарів, таких як керамічна плитка для підлоги, плитка для облицювання стін, бруси, волокно, вата для ізоляції, художні вироби та ін.

Відповідно до винаходу, на фігурі вертикально зображений один із можливих варіантів пристрою у розрізі.

Приклад 1

5кг битого прозорого скла розміром 2-6мм і 100г карбиду вольфраму (WC) завантажують у керамічний тигель ємністю 4л (1), після чого тигель поміщають у мікрохвильову піч, а піч закривають кришкою. Випромінювані мікрохвилі, з частотою коливання 2450МГц і потужністю 4кВт, нагрівають суміш, що міститься у тиглі, до температури плавлення. Далі отриману скломасу витримують при температурі $1200 \pm 50^{\circ}\text{C}$ і формують із неї різні корисні вироби.

Приклад 2

2кг шихти кристалів свинцю та 50г карбиду вольфраму (WC) завантажують у керамічний тигель ємністю 4л, після чого тигель поміщають у мікрохвильову піч, а піч закривають кришкою. Випромінювані мікрохвилі нагрівають суміш до температури плавлення, після чого отриману скломасу рафінують спочатку при температурі 1450°C , а потім при температурі $1200 \pm 20^{\circ}\text{C}$. Далі скломасу витримують при температурі $1200 \pm 20^{\circ}\text{C}$ і формують різні корисні вироби.

Приклад 3

Приклад застосування способу 3 відрізняється від застосування способу 2, тільки тим, що до матеріалу по черзі додають наступні сполуки: карбід вольфраму (WC), карбід кремнію (SiC), карбід бору (B_4C), карбід титану (TiC), нітрид ванадію (VN), нітрид бору (BN), нітрид кремнію (Si_3N_4), борид титану (TiB_2), борид ванадію (VB_2), борид вольфраму (WB_2), борид цирконію (ZrB_2) і борид алюмінію (AlB_2).

Приклад 4

10кг битої скляної тари, наприклад пляшок, банок та ін. і 200г карбиду вольфраму (WC) завантажують в керамічний тигель ємністю 10л, після чого тигель поміщають в мікрохвильову піч, а піч закривають кришкою і включають максимальну потужність. Випромінювані мікрохвилі нагрівають суміш до температури плавлення. Скло плавиться та рафінується, а утворену скломасу, яка виходить через бічний чи нижній вивідний отвір, що є у тиглі, обробляють далі. Так як у печі передбачені засоби для завантажування і виведення матеріалу, процес обробки можна здійснювати безперервно.

Приклад 5

5кг склоподібного базальту розміром 0,2-60мм завантажують в керамічний тигель ємністю 4л, після чого тигель поміщають в мікрохвильову піч. Після закриття кришки під дією мікрохвильового випромінювання з частотою коливань 2450МГц і потужністю 4кВт шихта в тиглі нагрівається до повного розплавлення при температурі, 1600°C , після чого температуру знижують до 1200°C . Розплавлений базальт витримують при температурі $1200 \pm 20^{\circ}\text{C}$ і далі обробляють на утиль.

Приклад 6

8кг базальту розміром 0,2-60мм завантажують у керамічний тигель ємністю 10л, після чого тигель поміщають у мікрохвильову піч, а піч закривають кришкою. Випромінювані мікрохвилі, з частотою коливання 915МГц, нагрівають суміш, що міститься в тиглі, до температури 1400°C . Після повного розплавлення

матеріалу температуру знижують до 1200°C і витримують. Розплавлений базальт витягують у скловолокно чи видують у скловату.

Приклад 7

30кг природного матеріалу, вибраного з групи, до якої входять базальт, граніт, мармур і 0,3-3кг добавки, вибраної з групи карбідів, нітридів і боридів, яка прискорює процес плавлення, завантажують в керамічний тигель ємністю 20л. Під дією мікрохвильового випромінювання суміш плавиться, далі розплавлену масу витримують при температурі від 1400°C-1450°C, а потім відводять через нижній отвір. На місце розплавленої маси постійно надходить сировина. Процес надходження сировини контролюється, що дає змогу постійно підтримувати рівень розплавленої маси в тиглі.

Приклад 8

Склоплавильна піч періодичної чи безперервної дії має дві оболонки:

зовнішню (8.2.) та внутрішню (8.1). Простір усередині внутрішньої оболонки (8.1) заповнюють оксидом алюмінію - корундом, вогнетривким ізоляційним матеріалом (3), який поглинає мікрохвилі навіть при високих температурах. Між зовнішньою (8.2) і внутрішньою (8.1) оболонками встановлені мікрохвильові генератори, магнетрони (1.1, 1.2, 1.3, 1.4), причому кріпляться вони на внутрішній оболонці. Для охолодження магнетронів (1.1-1.4) між зовнішньою (8.2) та внутрішньою (8.1) оболонками встановлені також вентилятори (4). У верхній частині піч оснащена кришкою (10), на якій є два аварійні вимикачі (9.1, 9.2). Через горловину (7) матеріал із резервуару (11) надходить у резервуар (2), який має вивідний отвір (13). До резервуару (11) горловина (7) приєднана за допомогою трубки (12). Чутливий до інфрачервоного випромінювання елемент (5) передає сигнал до термометра і регулятора температури (6), оснащеного мікропроцесором, який контролює роботу печі. У нижній частині піч має коліщата (14), прикріплені до зовнішньої оболонки (8.2).

Для забезпечення однорідного магнітного поля у печі встановлюють, принаймні, 4 мікрохвильових генератора - магнетрона, які мають одну чи подвійну емісію, і випромінюють мікрохвилі з частотою коливання 2450МГц. Загальну потужність мікрохвильового випромінювання в залежності від маси шихти природних матеріалів вибирають у діапазоні 2-6кВт, бажано 4кВт на 10-15кг шихти. Температуру розплавленого матеріалу визначає чутливий до інфрачервоних променів елемент (5), який передає сигнал до термометра і регулятора температури (6), оснащеного мікропроцесором, який контролює процес. Аварійні вимикачі (9.1 та 9.2) на кришці (10) запобігають проникненню мікрохвиль у навколишнє середовище, коли піч відкрита, таким чином вони відключають постачання енергії до магнетронів.

У постійному чи періодичному процесі обробки шихта через горловину (12) надходить у резервуар (2), в якому плавиться й очищається, і далі виходить через вивідний канал (13).

Винахід можна застосовувати для плавлення чи виробництва будь-якого скла та обробки природних матеріалів, зокрема вулканічного походження, незважаючи на здатність матеріалу поглинати мікрохвилі. Відповідно до винаходу процеси, а також мікрохвильову піч можна використовувати у лабораторіях на заводах по виготовленню скла (наприклад, для виготовлення звичайного, модифікованого чи нового типів скла) для художніх цілей (для виробництва художніх виробів, форм та ін.), для глазурування (різнокольорового глазурування утилі).

Тобто, винахід можна застосовувати на заводах по виготовленню скла, у лабораторіях, художніх студіях, домашніх майстернях та ін. цехах для плавлення та обробки базальту та подібних матеріалів з метою виробництва скловати, волокна та корисних матеріалів, таких як, наприклад, плитка для підлоги та облицювальна плитка а також вази, чаші та різні фігури. Так як піч легко переміщати з місця на місце, винайдений спосіб виробництва скла та інших виробів із природних матеріалів можна демонструвати на виставках та ярмарках як з метою рекламування, так і навчальному процесі в професійно-технічних училищах по спеціальності "прикладне і декоративне мистецтво".

