



УКРАЇНА

(19) UA (11) 97609 (13) C2

(51) МПК

C04B 33/32 (2006.01)

F27B 9/26 (2006.01)

F27B 9/12 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИПАЛУ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ І ТУНЕЛЬНА ПІЧ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) а201106039

(22) 16.05.2011

(24) 27.02.2012

(46) 27.02.2012, Бюл. № 4, 2012 р.

(72) ПИЛИПЕНКО РАЇСА АНДРІЇВНА, ПИЛИПЕНКО ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ, ЛОГВИНЕНКО ДМИТРО МИХАЙЛОВИЧ, ОЛІЙНИК ЄВГЕН ГРИГОРОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ГАЗУ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(56) UA 67582 C2, 15.02.2007

UA 15891 U, 17.07.2006

RU 2103238 C1, 27.01.1998

SU 129123 A1, 24.08.1959

EP 1482267 A1, 01.12.2004

JP 4278180 A, 02.10.1992

DE 3516058 A1, 06.03.1986

FR 2632057 A1, 01.12.1989

Пилипенко Р. А., Пилипенко А. В., Логвиненко Д. М. Повышение эффективности работы туннельных печей для обжига кирпича // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2010. - № 2. - С. 23-26.

(57) 1. Спосіб випалу керамічних виробів, який включає попередній нагрів виробів в зоні підігріву, основний нагрів виробів в зоні випалу з подальшою витримкою при температурі спікання і охолодження виробів в зоні охолодження, який **відрізняється** тим, що випал здійснюють при мінімальному надлишковому тиску в зоні випалу, рівному 0,1-2 Па, причому в зонах підігріву і охолодження здійснюють інтенсивну рециркуляцію теплоносія шляхом подачі додаткового теплоносія перпендикулярно напрямку руху основного потоку теплоносія.

2. Тунельна піч, яка включає корпус, утворений боковими стінами і склепінням, форкамеру з встановленим в ній штовхачем, димосос, рухомий під, розташовані в центральній частині печі основні газові пальники і систему пришвидшеного охолодження з автоматичним контролем температури, яка **відрізняється** тим, що у вхідній і вихідній частинах печі попарно в шаховому порядку в протилежних бокових стінах, в кілька ярусів по висоті і з кроком, рівним 0,5÷1,0 довжини вагонетки, встановлені додаткові швидкісні низькотемпературні газові пальники-повітрянагрівачі.

3. Тунельна піч за п. 2, яка **відрізняється** тим, що співвідношення відстані по висоті між ярусами протилежних додаткових швидкісних низькотемпературних газових пальників-повітрянагрівачів і діаметра їх вихідного гирла рівне  $4,0 \leq h/d \leq 6,0$ , а співвідношення діаметра вихідного гирла додаткового швидкісного низькотемпературного газового пальника-повітрянагрівача і ширини робочого каналу рівне  $15 \leq b/d \leq 30$ .

Спосіб випалу керамічних виробів і пристрій для його здійснення належать до виробництва будівельної кераміки методом випалу. Спосіб та пристрій можна використати при випалі будівельної керамічної цегли в галузі будівельної кераміки.

Відомий спосіб випалу будівельної керамічної цегли в тунельній печі (Нохратян К. А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики. - М.: Госстройиздат, 1962. - 109-110, 254 с.), за яким вироби подають в піч у зону підігріву, для нагріву виробів від температури 20 °С до 750 °С, назустріч подають суміш димових газів з зони випалу і частину повітря з зони охолодження. Після

зони підігріву виріб подають в зону випалу, в якій спалюють паливо. Вироби нагрівають від температури 750 °С до 1050 °С в зоні випалу. Розрідження в зоні випалу і зоні підігріву, в межах від  $\pm 0$  до -100 Па, створюють димососом чи димовою трубою, що відбирають відпрацьований теплоносіє. Далі вироби подають в зону охолодження, в яку за допомогою вентилятора нагнітають повітря для охолодження виробу від температури 1050 °С до 50 °С.

Наявність розрідження протягом всієї або значної частини зони випалу призводить до нерегульованого підсосу холодного повітря з підвагонет-

(13) C2

(11) 97609

(19) UA

кового простору в робочий канал, і як наслідок, порушення рівномірності нагріву, зниження якості випалу, збільшення тривалості випалу, до перевитрати палива за рахунок нагріву холодного повітря і необхідності підтримання максимальної температури спікання цегли.

Відомий спосіб передбачає температурний режим, при якому витримується максимальна температура 1050 °С в зоні випалу протягом 1-2 годин, але це не забезпечує рівномірного температурного поля в садці виробів.

Відомий спосіб випалу будівельної керамічної цегли в тунельній печі з вирівнюванням температури в робочому каналі зони підігріву шляхом створення внутрішньої рециркуляції частини теплоносія в поперечному перерізі робочого каналу (Модернизация парка туннельных печей производства керамического кирпича. 2. Совершенствование системы отопления печей /А. И. Торчинский, А. Ю. Ляшко, А. А. Сергиенко, Ю. Н. Крячок // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2010. - № 2. - С. 57-60), за яким вироби подають в піч у зону підігріву, для нагріву виробів від температури 20 °С до 750 °С, назустріч подають суміш димових газів з зони випалу і частину повітря з зони охолодження. В зоні підігріву перпендикулярно напрямку руху основного теплоносія подають продукти згорання палива швидкісними струменями із пальників малої потужності, які створюють рециркуляційний рух частини теплоносія у поперечному перерізі робочого каналу печі у місці встановлення пальників. Після зони підігріву вироби подають в зону випалу, в якій спалюють паливо. Вироби нагрівають від температури 750 °С до 1050 °С в зоні випалу. Розрідження в зоні випалу і зоні підігріву, в межах від  $\pm 0$  до - 100 Па, створюють димососом чи димовою трубою, що відбирають відпрацьований теплоносій. Далі вироби подають в зону охолодження, в яку за допомогою вентилятора нагнітають повітря для охолодження виробу від температури 1050 °С до 50 °С.

У відомому способі в зоні підігріву рециркуляційні контури слабкі і залучають в процес перемішування по висоті каналу малу кількість основного теплоносія, що рухається вздовж робочого каналу печі. Тому не відбувається повне вирівнювання температур і зберігається перепад температур не нижче 80 °С. Крім того, ці рециркуляційні контури малопотужні і не створюють достатнього опору руху теплоносія із зони випалу в зону підігріву, що в свою чергу не впливає на тиск в зоні випалу і тривалість витримки.

Відома конструкція тунельної печі для випалу керамічних виробів (Нохратян К. А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики. - М.: Госстройиздат, 1962. - С. 199-202), що містить корпус, який включає бокові стіни і склепіння, рухомий під, що являє собою вагонетки, форкамеру. Бокові стіни, склепіння і рухомий під утворюють робочий канал печі. В форкамері розміщено штовхач, що забезпечує переміщення вагонеток з виробами вздовж робочого каналу печі. Піч умовно поділена на камери підігріву, випалу і охолодження. На початку печі розміщено димосос для вилучення відпрацьованих газів з робочого каналу печі

і забезпечення гідравлічного режиму роботи печі. В печі в камері випалу встановлено пальники. В кінці печі встановлено вентилятор, для нагнітання свіжого повітря для охолодження виробів.

Піч відомої конструкції може працювати тільки під розрідженням, що створюється димососом, це спричиняє неконтрольований підсос холодного повітря із підвагонеткового простору. Також рух димових газів по робочому каналу печі має ламінарний характер, що спричиняє їх розшарування за температурою. Це призводить до нерівномірності температурного поля по висоті робочого каналу печі і до збільшення витрат палива. Відома конструкція передбачає зовнішню рециркуляцію димових газів з метою зменшення температурного перепаду по висоті печі, але такий метод є малоефективним, а конструкція громіздка.

Відома конструкція тунельної печі для випалу керамічних виробів (Модернизация парка туннельных печей производства керамического кирпича. 2. Совершенствование системы отопления печей /А. И. Торчинский, А. Ю. Ляшко, А. А. Сергиенко, Ю. Н. Крячок // Энерготехнологии и ресурсосбережение. - 2010. - № 2. - С. 57-60], що містить корпус, який включає бокові стіни і склепіння, рухомий під, що являє собою вагонетки, форкамеру. Бокові стіни, склепіння і рухомий під утворюють робочий канал печі. В форкамері розміщено штовхач, що забезпечує переміщення вагонеток з виробами вздовж робочого каналу печі. Піч умовно поділена на камери підігріву, випалу і охолодження. На початку печі розміщено димосос для вилучення відпрацьованих газів з робочого каналу печі і забезпечення гідравлічного режиму роботи печі. Вздовж камери підігріву в бокових стінках один проти іншого, в шаховому порядку встановлено швидкісні газові пальники малої потужності, що створюють внутрішню рециркуляцію димових газів в поперечному перерізі робочого каналу печі камери підігріву у місцях встановлення пальників. В робочому каналі печі в камері випалу встановлено основні пальники, що мають більшу потужність. В кінці печі встановлено систему пришвидшеного охолодження з автоматичним контролем температури, для нагнітання свіжого повітря для охолодження виробів.

Відома конструкція не усуває наявності відчутної залишкової нерівномірності температур у робочому каналі печі, а також забезпечує незначну тривалість витримки виробу при температурі випалу.

Відомим конструкціям властива наявність «відбою» гарячих газів при переміщенні вагонеток, коли різко знижується тяга у печі, особливо у зоні випалу. При цьому відбувається конденсація вологи, що є у газах, і окисів сірки, а це призводить до руйнування пальників і інших металевих частин печі.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу випалу керамічних виробів, в якому в результаті використання оптимального температурного і гідравлічного режиму роботи печі, а також введення додаткових операцій забезпечується інтенсифікація процесу випалу і за рахунок цього зменшуються енергозатрати на ви-

готовлення керамічних виробів і підвищується їх якість.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення конструкції тунельної печі, в якій в результаті встановлення додаткових пальників-повітрянагрівачів забезпечується оптимальний температурний і гідравлічний режими роботи печі і за рахунок цього збільшується термін експлуатації пальників та інших металевих конструкцій печі.

Поставлена задача вирішена завдяки тому, що в способі випалу керамічних виробів, який включає попередній нагрів виробів у зоні підігріву, основний нагрів виробів у зоні випалу з подальшою витримкою при температурі спікання і охолодження виробів в зоні охолодження, відповідно до винаходу, випал здійснюють при мінімальному надлишковому тиску в зоні випалу, рівному  $0,1 - 2$  Па, причому в зонах підігріву та охолодження здійснюють інтенсивну рециркуляцію шляхом подачі теплоносія перпендикулярно напрямку руху основного потоку теплоносія.

Поставлена задача вирішена завдяки тому, що в тунельній печі, яка включає корпус, утворений боковими стінами і склепінням, форкамеру з встановленим в ній штовхачем, димосос, рухомий під, розташовані в центральній частині печі основні газові пальники і систему пришвидженого охолодження з автоматичним контролем температури, відповідно до винаходу, у вхідній і вихідній частинах печі попарно в шаховому порядку в протилежних бокових стінах, в кілька ярусів по висоті і з кроком, рівним  $0,5 \div 1$  довжини вагонетки, встановлені додаткові швидкісні низькотемпературні газові пальники-повітрянагрівачі.

Додатковою відмінністю є те, що співвідношення відстані по висоті між ярусами протилежних додаткових швидкісних низькотемпературних газових пальників-повітрянагрівачів і діаметра їх вихідного гирла рівне  $4,0 \leq h/d \leq 6,0$ , а співвідношення діаметра вихідного гирла додаткового швидкісного низькотемпературного газового пальника-повітрянагрівача і ширини робочого каналу печі рівне  $15 \leq b/d \leq 30$ .

В заявленому способі в зонах підігріву і охолодження перпендикулярно до напрямку руху основного потоку теплоносія, який переміщується вздовж робочого каналу печі, подають швидкісні струмені суміші продуктів згорання з надлишковим повітрям із додаткових швидкісних низькотемпературних газових пальників-повітрянагрівачів, що призводить до створення інтенсивного рециркуляційного руху теплоносія у робочому каналі печі, завдяки чому випал проводять при мінімальному надлишковому тиску в зоні випалу, що забезпечує усунення неконтрольованих підсосів повітря. Таким чином, підвищується якість продукції і зменшуються енергозатрати. Крім того, створення рециркуляційних контурів дозволяє інтенсифікувати процес нагріву виробів, за рахунок значного зменшення перепаду температур по висоті робочого каналу печі, що в свою чергу дозволяє підвищити продуктивність процесу та енергоефективність.

В заявленій конструкції тунельної печі за рахунок встановлення додаткових пальників-повітрянагрівачів створюють внутрішню поперечну

рециркуляцію теплоносія в місцях їх встановлення, тому що продукти згорання в цих пальниках надходять в робочий канал печі перпендикулярно основному потоку теплоносія, що забезпечує оптимальний температурний і гідравлічний режими роботи печі, що в свою чергу, дозволяє підвищити якість продукції, зменшити витрати палива, підвищити продуктивність печі і її термін експлуатації, оскільки зменшується негативний вплив, що спричиняється «відбосом» гарячих газів.

Запропонований спосіб випалу керамічних виробів здійснюють наступним чином. Вироби подають в піч у зону підігріву, для нагріву виробів від температури  $20^{\circ}\text{C}$  до  $750^{\circ}\text{C}$ , назустріч подають суміш димових газів з зони випалу і гази, що виділяються із сировини. В зоні підігріву перпендикулярно до напрямку руху основного потоку теплоносія подають швидкісні струмені суміші продуктів згорання, які створюють інтенсивний рециркуляційний рух теплоносія у робочому каналі печі. Після зони підігріву вироби подають в зону випалу, в якій спалюють паливо. В зоні випалу вироби нагрівають від температури  $750^{\circ}\text{C}$  до  $1050^{\circ}\text{C}$ . Гідравлічний режим в зоні випалу, в межах від  $0,1$  до  $2$  Па, і зоні підігріву до  $-100$  Па, створюють димососом чи димовою трубою, якими відбирають відпрацьований теплоносій із робочого простору печі. Далі вироби подають в зону охолодження. На початку зони охолодження перпендикулярно до напрямку руху основного потоку теплоносія подають швидкісні струмені суміші продуктів згорання, які створюють інтенсивний рециркуляційний рух теплоносія у робочому каналі печі. Також в зону охолодження за допомогою вентилятора нагнітають повітря для охолодження виробів від температури  $1050^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$ .

Приклад 1 (за прототипом).

Вироби подають у піч в зону підігріву для нагріву виробів від температури  $20^{\circ}\text{C}$  до температури  $750^{\circ}\text{C}$ . Назустріч подають суміш продуктів згорання із зони випалу і частини нагрітого повітря із зони охолодження, а також газів із сировини виробів. З зони підігріву перпендикулярно цьому теплоносію подають продукти згорання палива швидкісними струменями із пальників малої потужності, які створюють рециркуляційний рух частини теплоносія у робочому каналі печі у місці встановлення пальників. Після зони підігріву вироби подають у зону випалу, де вироби нагрівають від температури  $750^{\circ}\text{C}$  до  $1050^{\circ}\text{C}$  сумішшю продуктів згорання палива із швидкісних пальників і частини нагрітого повітря із зони охолодження. Гідравлічний режим на початку зони випалу і зони підігріву становить від  $\pm 0$  Па, у кінці зони випалу до  $-100$  Па на початку зони підігріву. Це розрідження в зоні випалу і зоні підігріву створюють димососом чи димовою трубою, що відбирають відпрацьований теплоносій. В кінці робочого каналу печі, наприкінці зони охолодження, подають свіже повітря для охолодження виробів. Гідравлічний режим у зоні охолодження при нерухомому стані виробів становить на початку  $\pm 0$  Па і  $\geq +50$  Па наприкінці.

Мінімальний перепад температур по висоті робочого каналу у місцях встановлення швидкісних пальників малої потужності становить  $80^{\circ}\text{C}$ .

Гідравлічний режим зони випалу є перемінним: при штовханні зменшується розрідження на початку зони підігріву до - 30 Па і у зоні випалу розрідження змінюється на тиск до + 20 Па. Суміш продуктів згорання, частини повітря із зони охолодження і газів, що виділяються із сировини при випалі виробів при цьому надлишковому тиску потрапляє на метал пальників (явище «відбою»), конденсується на відносно холодних поверхнях і руйнує метал, виводячи пальники з роботи. Температура виробів у зоні випалу поступово зростає від температури 750 °С до 1050 °С, при якій, наприкінці зони випалу при тиску  $\pm 0$  Па, вироби витримують впродовж часу між двома штовханнями.

Показники ефективності випалу за прототипом наведено в таблиці 1.

Приклад 2 (за запропонованим способом).

Вироби подають у піч в зону підігріву для нагріву виробів від температури 20 °С до 750 °С. Назустріч подають суміш продуктів згорання із зони випалу і газів із сировини виробів. Перпендикулярно напрямку руху основного потоку теплоносія в зонах підігріву і охолодження подають продукти згорання палива із додаткових швидкісних низькотемпературних газових пальників-повітрянагрівачів, які створюють інтенсивний рециркуляційний рух всього теплоносія в робочому каналі печі в місцях встановлення пальників і га-

рантують перепад температур у 20 °С. Після зони підігріву вироби подають у зону випалу, де їх нагрівають від температури 750 °С до 1050 °С. Гідравлічний режим у зоні підігріву становить від - 100 Па на початку і до 0,1 Па наприкінці зони. Гідравлічний режим у зоні випалу становить від 0,1 Па на початку до 2 Па наприкінці зони.

Мінімальний перепад температур у 20 °С по висоті робочого каналу у місцях встановлення низькотемпературних швидкісних пальників-повітрянагрівачів підвищує якість виробів.

Показники ефективності випалу за запропонованим способом наведено в таблиці 1.

Гідравлічний режим зони випалу є постійним як при нерухомості виробів, так і при їх русі. Постійність гідравлічного режиму у зоні випалу забезпечує захист металевих поверхонь пальників від кородування, а це сприяє подовженню терміну їх придатності у три рази.

Наявність слабонадлишкового тиску у зоні випалу дозволяє прискорити нагрів виробів від 750 °С до 1050 °С, подовжити термін витримки виробів до 4-х періодів штовхань і проводити витримку при середній температурі випалу виробів, яка менше максимальної температури випалу щонайменше на 25 °С. Зниження температури випалу і витримки призводить до зменшення витрат палива на випал виробів.

Таблиця 1

Показники ефективності випалу

Спосіб випалу	Рівномірність температур по висоті каналу, °С	Якість цегли, % браку	Термін стійкості пальників, год.	Витрати палива, м <sup>3</sup> /1000 шт.
Відомий спосіб (приклад 1)	80	5	26000	136
Запропонований спосіб (приклад 2)	20	2,8	78000	120

Аналіз даних з порівнянь відомого і запропонованого способу випалу показує, що використання запропонованого способу випалу поліпшує всі показники процесу випалу: перепад температур по висоті каналу зменшився у чотири рази, відсоток браку майже у двічі, термін придатності підвищився у три рази, а витрати палива зменшилися на 11,7 %.

Запропоновану конструкцію тунельної печі для здійснення способу ілюструють наступні графічні зображення:

Фіг. 1 - поздовжній переріз печі, вид на ліву бокову стіну.

Фіг. 2 - поздовжній переріз печі, вид на праву бокову стіну.

Фіг. 3 - поперечний переріз печі.

Фіг. 4 - додатковий швидкісний низькотемпературний газовий пальник-повітрянагрівач, встановлений у боковій стіні.

Тунельна піч включає корпус, який утворений боковими стінами 1 і склепінням 2, форкамеру 3 і рухомий під, що являє собою вагонетки 4, на яких розміщено вироби. Бокові стіни, склепіння і рухомий під утворюють робочий канал печі. В форкамері 3 розміщено штовхач 5. Піч умовно поділена

на камери: вхідна підігріву - 6, центральна випалу - 7 і вихідна - охолодження 8. На початку печі розміщено димосос 9 для забезпечення гідравлічного режиму роботи печі. В печі в камері випалу 7 в склепінні 2 встановлено основні пальники 10. В кінці робочого каналу печі встановлено систему пришвидшеного охолодження з автоматичним контролем температури 11, для нагнітання свіжого повітря для охолодження виробів. Вздовж камери підігріву 6 і камери охолодження 8 попарно в шаховому порядку в протилежних бокових стінах, в два яруси встановлено додаткові швидкісні низькотемпературні газові пальники-повітрянагрівачі 12. Співвідношення відстані по висоті між ярусами додаткових швидкісних низькотемпературних газових пальників-повітрянагрівачів 12 h і діаметра їх вихідного гирла d складає  $4 \leq h/d \leq 6$ , а співвідношення діаметра вихідного гирла додаткового швидкісного низькотемпературного газового пальника-повітрянагрівача і ширини робочого каналу печі рівне  $15 \leq b/d \leq 30$ . Додаткові швидкісні низькотемпературні газові пальники-повітрянагрівачі 12 встановлено з кроком  $S = (0,5 \div 1,0) \cdot L$ , де L - довжина вагонетки 4.

Тунельна піч працює наступним чином.

Вагонетку 4 з виробами з форкамери 3 за допомогою штовхача 5 перемішують в піч на початок камери підігріву 6, при цьому весь потяг вагонеток переміщують на одну позицію і одна вагонетка виходить з камери охолодження. Назустріч виробам подають теплоносії за допомогою димососа 9. Розміщені в камері підігріву 6 додаткові швидкісні низькотемпературні газові пальники-повітрянагрівачі 12 створюють внутрішню рециркуляцію теплоносія в місці їх встановлення. Далі вироби переміщують в камеру випалу 7, де розміщено основні пальники 10. Після камери випалу 7 вироби подають в камеру охолодження 8. Розміщені в камері охолодження 8 додаткові швидкісні низькотемпературні газові пальники-повітрянагрівачі 12 створюють внутрішню рециркуляцію теплоносія в місці їх встановлення. Повітря для охолодження виробів подають в камеру охолодження 8 системою пришвидшеного охолодження з автоматичним контролем температури 11. Температуру продуктів горіння, що подають основними пальниками 10 і додатковими швидкісними низькотемпературними газовими пальниками-повітрянагрівачами 12, регулюють відповідно до заданої температури нагріву/охолодження в місці встановлення, за рахунок зміни коефіцієнта надлишку повітря.

На експериментальному стенді було досліджено взаємозв'язок між геометричними параметрами тунельної печі і якістю готової продукції.

Оптимальні значення співвідношення відстані по висоті між ярусами додаткових швидкісних низькотемпературних газових пальників-повітрянагрівачів  $h$  і діаметра їх вихідного гирла  $d$ , а також оптимальні значення співвідношення ширини робочого каналу  $b$  і діаметра вихідного гирла додаткового швидкісного низькотемпературного газового пальника-повітрянагрівача  $d$  визначали за показниками найменших величин температурного перепаду між температурою верхніх і нижніх шарів теплоносія. По довжині робочого каналу додаткові швидкісні низькотемпературні газові пальники-повітрянагрівачі встановлені з кроком  $S = (0,5 \div 1,0) \cdot L$ , де  $L$  - довжина вагонетки. Крок встановлення додаткових швидкісних низькотемпературних газових пальників-повітрянагрівачів  $S$  залежить від схеми розміщення пакетів садки виробів, а його величина приймається такою, щоб факел пальника не ударяв в садку.

як теплоносії використовували нагріте повітря, що його через пальникові отвори подавали у робочий простір експериментальної камери. Положення пальників по висоті змінювали з кроком  $h/d = 0,5$ , а ширину робочого простору - з кроком  $b/d = 1,0$ .

Результати експериментів наведені у таблицях 2 і 3.

Таблиця 2

Залежність рівномірності температури від  $h/d$ 

$h/d$	3,5	4,0	5,0	6,0	6,5
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	46	30	20	28	41

Таблиця 3

Залежність рівномірності температури від  $b/d$ 

$b/d$	14	15	20	25	30	31
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	50	25	27	20	24	38

Аналіз даних, наведених у таблицях 2 і 3 показує, що найвища рівномірність температур отримана при співвідношеннях  $4 \leq h/d \leq 6$  і  $15 \leq b/d \leq 30$ .

Завдяки запропонованому способу випалу і конструкції тунельної печі в чотири рази підвищена

рівномірність нагріву виробів, утричі подовжений термін служби основних пальників, на 11,7 % зменшені питомі витрати палива на випал виробів, зменшений майже удвічі відсоток браку.

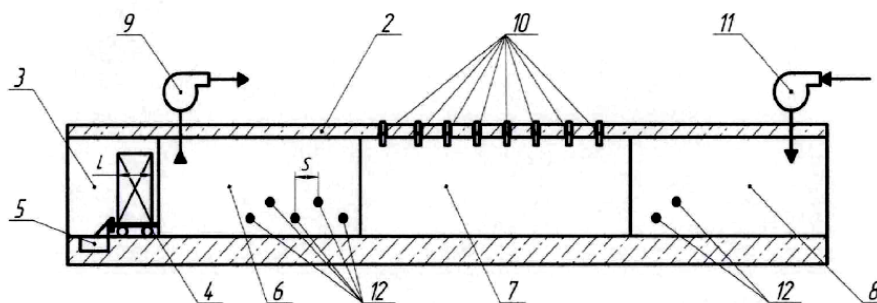
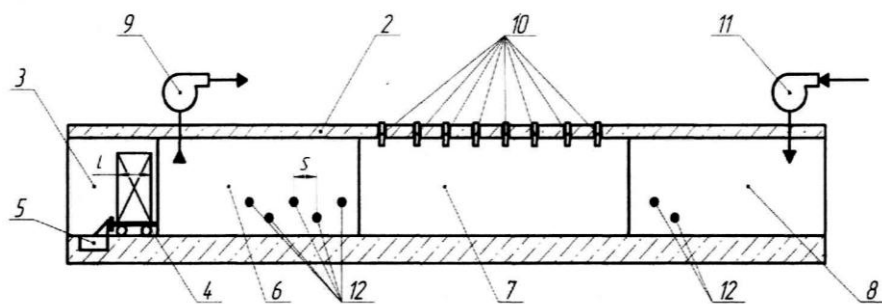
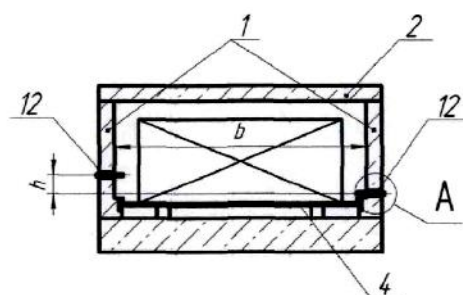


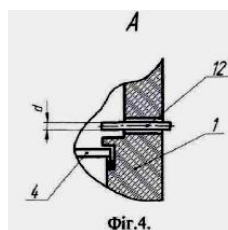
Fig. 1.



Фиг.2.



Фиг.3.



Фиг.4.