



УКРАЇНА

(19) UA (11) 80227 (13) C2

(51) МПК (2006)

C21B 13/00

C21B 13/02 (2007.01)

F27B 1/00

F27B 1/10 (2007.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ШАХТНА ПІЧ ДЛЯ ПРЯМОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА

1

2

(21) а200606534

(22) 13.06.2006

(24) 27.08.2007

(46) 27.08.2007, Бюл. № 13, 2007 р.

(72) Плеханов Володимир Анатолійович, Поволоцкий Вадим Григорович, Матвійков Сергій Вікторович, Тиунов Володимир Миколайович

(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "НОВОКРАМАТОРСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД"

(56) SU, 655 341, A, 30.03.1979

Заявка UA, а200506688, A, 15.08.2005

Заявка UA, а200503336, A, 15.12.2006

RU, 2 226 552, C2, 27.03.2003

AT, 387 037, B, 25.11.1988

WO, 01/18258, A1, 15.03.2001

US, 3 816 101, A, 11.06.1974

US, 4 046 557, A, 06.09.1977

US, 4 251 267, A, 17.02.1981

US, 4 374 585, A, 22.02.1983

US, 4 725 309, A, 16.02.1988

JP, 55-069210, A, 24.05.1980

(57) 1. Шахтна піч для прямого відновлення оксидів заліза, що містить горловину (2) для завантаження матеріалу, зону (4) розігріву матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з розширенням до низу і має сопла (5) для підведення відновного газу, зону (6) відновлення матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з розширенням вгору і також має сопла (7) для підведення відновного газу, зону (12) охолодження матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з конусністю, яка збігається до низу, а також розміщені в стінках печі і з'єднані з соплами (5,7) газові канали (8) і

випускний отвір (13) для видалення відновленого матеріалу, яка **відрізняється** тим, що вона оснащена засобами (9,10) гальмування відновлюваного матеріалу, розміщеними один над одним, відповідно, в зоні (4) розігріву і зоні (6) відновлення матеріалу, кожний з яких являє собою порожнисту балку (9,10), при цьому порожнина кожної балки сполучена з газовими каналами (8), а на нижній полиці балки в її середній частині виконані щілинні отвори (11).

2. Шахтна піч за п. 1, яка **відрізняється** тим, що порожнисті балки (9,10) виконані з поперечним перерізом у вигляді рівнобедреного трикутника, вершина якого спрямована до горловини печі, при цьому кут α вершини рівнобедреного трикутника перерізу балок вибирають з умови $40^\circ < \alpha < 110^\circ$, а ширину нижньої полиці балок згаданого трикутника визначають по залежності:

$$b/d_c = 0,1-0,6,$$

де b - ширина нижньої полиці балки трикутного перерізу, мм, d_c - внутрішній діаметр сегмента печі, у який встановлена балка.

3. Шахтна піч за п. 1, яка **відрізняється** тим, що порожнисті балки (9,10) виконані з поперечним перерізом у вигляді ромба, одна з вершин якого спрямована до горловини печі, кут β цієї вершини ромба вибирають з умови $40^\circ < \beta < 110^\circ$, а розмір діагоналі, яка лежить проти цієї вершини, визначають по залежності:

$$b/d_c = 0,1-0,6,$$

де b - довжина діагоналі, що знаходиться напроти вершини ромба, спрямованої до горловини печі, мм, d_c - внутрішній діаметр зони печі, у якій встановлена балка.

Винахід відноситься до обладнання для виробництва губчастого заліза прямим відновленням залізної руди, а саме до шахтних печей, у яких відбувається процес відновлення заліза.

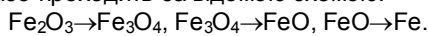
Відомі шахтні печі для прямого відновлення заліза [патент США №US - 4725309, МПК C21B 13/02, F27B1/24; US - 4374585, МПК F27B1/16; заявка РСТ WO №00/09765, МПК C21B13/02, F27B1/16, патент РФ №2226552, МПК C21B13/02,

(13) C2

(11) 80227

(19) UA

F27B1/16; заявка РСТ WO №01/18258, МПК C21B13/02, F27B1/10; патент Росії №2247154, МПК C21B13/02), у яких у верхній частині - горловині розміщені засоби завантаження залізорудного матеріалу, у нижній частині печі знаходиться випускний отвір для видалення відновленого заліза, а в стінках печі в середніх їх частинах виконані газові канали. Газові канали соплами з'єднані з порожниною печі. Залізорудний матеріал, а саме окатиші або дрібно здрібнена залізна руда, подається через завантажувальні пристрої в горловину печі, після чого він під дією власної ваги переміщається уздовж печі, займаючи весь внутрішній її простір. Процес відновлення оксидів заліза відбувається в печі під впливом відновного газу, що подається через сопла по периферії печі в середній її частині. Хімічна реакція відновлення оксидів заліза в залізо проходить за відомою схемою:



Продукт відновлення - губчасте залізо видаляється через випускний отвір, який обладнаний пристроєм, що регулює швидкість видалення заліза. Відновлений продукт подається для подальшої переробки на пристрій, що брикетує, або в плавильну піч.

Недоліком шахтних печей розглянутої конструкції є те, що відновний газ подається по периферії, у результаті чого відновлення в центральній частині відбувається в умовах недостатньої його кількості, що призводить до неповного відновлення оксиду заліза і знижує якість одержуваного заліза. Крім того при завантаженні окатиші в горловині печі розподіляються завантажувальним пристроєм рівномірно по всьому перетину печі, а потім при переміщенні відновлюваного матеріалу під дією власної ваги до низу відбувається гальмування шарів окатишів, що знаходяться біля стінок печі (за рахунок тертя ковзання окатишів по стінках печі) і прискорене переміщення шарів матеріалу розташованих ближче до центра печі. У результаті цього процесу відбувається нерівномірне переміщення відновлюваного матеріалу по перетину печі, що призводить до нерівномірності процесу відновлення матеріалу (у середній частині час проходження матеріалу по висоті печі менше, по периферії - більше), а це призводить до недовідновлення матеріалу, який знаходиться в центральній частині печі. Для забезпечення повного відновлення всього об'єму матеріалу по всьому перетину печі необхідно збільшити час відновної реакції, чого домагаються за рахунок гальмування матеріалу на виході з печі при видаленні відновленого продукту. Це, у свою чергу, призводить до зниження продуктивності шахтної печі.

В основу винаходу поставлена задача підвищення продуктивності шахтної печі при одночасному підвищенні якості відновлюваного заліза.

Ця задача вирішена за рахунок технічного результату, що полягає в забезпеченні однакової швидкості переміщення відновлюваного матеріалу по перетину печі і рівномірний розподіл відновного газу по внутрішньому перетину печі в зоні відновлення.

Для досягнення вищевказаного результату шахтна піч для прямого відновлення оксидів залі-

за, що містить горловину для завантажування матеріалу, зону розігріву матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з розширенням до низу і має сопла для підведення відновного газу, зону відновлення матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з розширенням вгору і також має сопла для підведення відновного газу, зону охолодження матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з конусністю, яка збігається до низу, а також розміщені в стінках печі і з'єднані із соплами газові канали і випускний отвір для видалення відновленого матеріалу, відповідно до винаходу, вона оснащена засобами гальмування відновлюваного матеріалу, розміщеними один над одним відповідно в зоні розігріву і в зоні відновлення матеріалу, кожний з яких являє собою порожнисту балку, при цьому порожнина кожної балки сполучена з газовими каналами, а на нижній полиці балки в її середній частині виконані щілинні отвори. При цьому порожнисті балки виконані з поперечним перерізом у вигляді рівнобедреного трикутника, вершина якого спрямована до горловини печі, при цьому кут α вершини рівнобедреного трикутника перерізу балок вибирають з умови $40^\circ < \alpha < 110^\circ$, а основу трикутника згаданого перері-

зу визначають по залежності: $\frac{b}{d_c} = 0,1 \div 0,6$; де b -

ширина основи балки трикутного перерізу, мм; d_c - внутрішній діаметр зони печі, у якій встановлена балка, мм, або порожнисті балки виконані з поперечним перерізом у вигляді ромба, одна з вершин якого спрямована до горловини печі, кут β цієї вершини ромба вибирають з умови $40^\circ < \beta < 110^\circ$, а розмір діагоналі, яка лежить проти цієї вершини,

визначають по залежності: $\frac{b}{d_c} = 0,1 \div 0,6$; де b -

довжина діагоналі, що знаходиться напроти вершини ромба спрямованої до горловини печі, мм; d_c - внутрішній діаметр зони печі, у якій встановлена балка, мм.

У результаті порівняльного аналізу пропонуваної шахтної печі для прямого відновлення оксидів заліза з прототипом встановлено, що вони мають наступні загальні ознаки:

- горловину для завантажування матеріалу;
- зону розігріву матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з розширенням до низу і має сопла для підведення відновного газу;
- зону відновлення матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з розширенням вгору і також має сопла для підведення відновного газу;
- зону охолодження матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з конусністю, яка збігається до низу;
- розміщені в стінках печі і з'єднані із соплами газові канали;
- випускний отвір для видалення відновленого матеріалу,
- і відмінні ознаки:
 - засоби гальмування відновлюваного матеріалу, які розміщені один над одним відповідно в зоні розігріву і в зоні відновлення матеріалу;
 - кожний з засобів гальмування являє собою порожнисту балку;

- порожнина кожної балки сполучена з газовими каналами;

- на нижній полиці балки в її середній частині виконані щілинні отвори;

- порожнисті балки виконані з поперечним перерізом у вигляді рівнобедреного трикутника, вершина якого спрямована до горловини печі, при цьому кут α вершини рівнобедреного трикутника перетину балок вибирають з умови $40^\circ < \alpha < 110^\circ$, а основу трикутника згаданого перерізу визначають по залежності:

$$\frac{b}{d_c} = 0,1 \div 0,6; \text{ де } b - \text{ширина основи}$$

балки трикутного перетину, мм; d_c - внутрішній діаметр зони печі, у якій встановлена балка, мм;

- порожнисті балки виконані з поперечним перерізом у вигляді ромба, одна з вершин якого спрямована до горловини печі, кут β цієї вершини ромба вибирають з умови $40^\circ < \beta < 110^\circ$, а розмір діагоналі, яка лежить проти цієї вершини, визначають по залежності:

$$\frac{b}{d_c} = 0,1 \div 0,6; \text{ де } b - \text{довжина}$$

діагоналі, що знаходиться напроти вершини ромба спрямованої до горловини печі, мм; d_c - внутрішній діаметр зони печі, у якій встановлена балка, мм.

Таким чином, запропонована шахтна піч для прямого відновлення оксидів заліза має нові вузли і деталі, нові параметри складених елементів і нову схему розташування вузлів і деталей.

Між відмінними, ознаками і технічним результатом, що досягається, існує причинно-наслідковий зв'язок.

Завдяки тому, що шахтна піч оснащена засобами гальмування відновлюваного матеріалу, які розміщені один над одним відповідно в зоні розігріву і в зоні відновлення матеріалу, виконаними в поперечному перерізі у виді рівнобедреного трикутника або ромба, вершина яких спрямована до горловини печі, стало можливим загальмувати рух відновлюваного матеріалу в центральній частині печі і вирівняти швидкості переміщення потоків відновлюваного матеріалу в будь-якому місці поперечного перерізу печі по всій її висоті. Це у свою чергу дозволяє збільшити швидкість самого процесу відновлення, виключивши гальмування видачі готового продукту на виході з печі, що дозволяє збільшити продуктивність печі. Крім того, завдяки тому, що на нижній полиці балки в її середній частині виконані щілинні отвори, а порожнина кожної балки сполучена з газовими каналами стало можливим подавати відновний газ не тільки по периферії печі, але і по центру. Це забезпечує рівномірну по перетину печі обробку відновлюваного матеріалу і також сприяє підвищенню продуктивності печі.

Таким чином, використання для прямого відновлення шахтної печі запропонованої конструкції забезпечує підвищення її продуктивності.

Виключення з вищевказаної сукупності відмінних ознак хоча б одного з них не забезпечує рішення поставленої задачі - підвищення продуктивності шахтної печі.

Технічне рішення, що заявляється, невідомо з рівня техніки, тому воно є новим.

Шахтна піч, що заявляється, має винахідницький рівень, тому що вона для фахівця явно не випливає з рівня техніки.

Технічне рішення, що заявляється, промислово придатне, тому що його реалізація технічно здійсненна і не представляє технологічних труднощів. По цьому технічному рішенню виконаний проект пристрою для прямого відновлення заліза для фірми «Плазматекс». м.Кривий Ріг.

Таким чином, запропонованому технічному рішенню може надаватися правова охорона, тому що воно є новим, має винахідницький рівень і промислово придатне, що відповідає всім критеріям винаходу.

Винахід пояснюється кресленнями, на яких зображено:

Фіг.1 - загальний вид у розрізі шахтної печі,

Фіг.2 - розріз А-А по Фіг.1;

Фіг.3 - розріз Б-Б по Фіг.2;

Фіг.4 - загальний вид у розрізі шахтної печі, варіант 2.

Шахтна піч для прямого відновлення заліза являє собою вертикальну піч, внутрішня поверхня якої футерована вогнетривкою цеглою 1. У верхній частині печі знаходиться горловина 2, у якій розміщений пристрій 3 для завантаження вхідного матеріалу, а саме окатишів оксиду заліза або дрібної залізної руди. За горловиною 2 знаходиться зона 4 розігріву матеріалу, яка має дві секції, виконані у вигляді зрізаних конусів з розширенням до низу, у яких внутрішні порожнини футеровані. У футеровці нижньої секції цієї зони розміщені сопла 5 для підведення відновного газу. За конусними секціями зони 4 розігріву матеріалу розміщена зона 6 відновлення матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з розширенням вгору, у якій розміщені сопла 7 для підведення відновного газу. Сопла 5 і сопла 7 з'єднуються з газовими каналами 8, виконаними у футеровці печі, і мають вихід у порожнину печі в зонах розігріву і відновлення матеріалу. У нижній секції зони 4 розігріву печі розміщена порожниста балка 9, а в зоні 6 відновлення печі розміщена перпендикулярно балці 9 порожниста балка 10. Порожнини обох балок 9 і 10 з'єднані з газовими каналами 8. У даному розглянутому варіанті виконання печі кожна балка в поперечному перерізі має вигляд рівнобедреного трикутника, вершина якого спрямована до горловини печі. Кут α вершини рівнобедреного трикутника перетину балок вибирають з умови $40^\circ < \alpha < 110^\circ$. Цей діапазон визначений з наступних розумінь. Нижня межа обумовлена можливістю виготовлення балки з такими функціями. Верхня межа обумовлена тим, що більший кут буде приводити до зависання матеріалу в печі. У нашій печі кут балки $\alpha = 55^\circ$. Основу трикутника згаданого пе-

ретину визначають по залежності $\frac{b}{d_c} = 0,1 \div 0,6$, де

b - ширина основи балки трикутного перетину, а d_c - внутрішній діаметр зони печі, у якій встановлена балка. Ця залежність визначена в результаті експериментальних досліджень, при яких на експериментальному зразку печі варіювали розміри поперечного перерізу балок і визначали при цьому

швидкість переміщення різних шарів матеріалу по вертикалі печі. На експериментальній моделі корпусу печі, яка виконана в зменшеному масштабі, установлювали дві балки під кутом 90° одну над одною. Засипали сипучий матеріал до самого верха моделі. Позначали червоним і зеленим кольором визначені частки сипучого матеріалу, укладали їх відповідно на центр і периферію по верху рівня горловини. Потім робили вільне вивантаження сипучого матеріалу з печі і спостерігали за тим, коли з випускного отвору знизу з'являються позначені елементи. Варіюючи розміри балок домоглися більш рівномірного виходу J центральних і периферійних елементів. Зроблено висновок про позитивний вплив установлених балок на рівномірність виходу сипучого матеріалу і визначені діапазони оптимальних їхніх розмірів. У вище приведеному діапазоні швидкості периферійних шарів і шарів у центральній частині печі були близькі по величині. У розробленому на НКМЗ проекті печі ширина основи балки прийнята $b=614$ мм при $d_c=2500$ мм. У центральній частині основи порожнистих балок виконані щілинні отвори 11.

Можливий варіант виконання порожнистих балок, які є засобами гальмування відновлюваного матеріалу, з поперечним перерізом у вигляді ромба, одна з вершин якого спрямована до горловини печі, кут β цієї вершини ромба вибирають з умови $40^\circ < \beta < 110^\circ$, а розмір діагоналі, яка знаходиться напроти цієї вершини, визначають по залежності $\frac{b}{d_c} = 0,1 \div 0,6$, де b – довжина діагоналі,

що знаходиться напроти вершини ромба спрямованої до горловини печі, d_c – внутрішній діаметр зони печі, у якій встановлена балка. Оптимальні параметри поперечного перерізу балок такого типу визначені експериментальним шляхом.

За зоною 6 відновлення матеріалу розміщена зона 12 охолодження і карбонізації матеріалу, яка виконана у вигляді зрізаного конуса з конусністю, яка збігається до низу. Ця зона виготовлена з двох секцій.

У донній частині нижньої секції зони 12 охолодження і карбонізації виконаний випускний отвір 13 для видалення відновленого заліза, який оснащений механізмом регулювання обсягу відновленого продукту, що випускається (на кресленні не показаний).

У горловині 2 виконаний вихідний патрубок 14 для видалення відпрацьованого газу.

Шахтна піч для прямого відновлення оксидів заліза працює таким чином.

Через розміщений в горловині 2 пристрій 3 для завантаження вхідного матеріалу в піч постій-

но завантажують окатиші оксиду заліза або дрібну залізну руду. Під дією власної ваги цей матеріал переміщається до низу, а назустріч йому через сопла 5 і сопла 7 надходить відновний газ, що складається із суміші газів H_2 і CO , який надходить у плазменому вигляді з плазмотронів (на кресленні не показані). Температура відновного газу складає $1000-1100^\circ C$. Відновний газ, що подається через сопла 5, 7 і щілинні отвори 11 у порожнистих балках засобів гальмування відновлюваного матеріалу, у зоні відновлення печі вступає в хімічну реакцію з вхідним матеріалом, у результаті проходить відомий процес відновлення заліза з оксидів заліза, а саме:



При цьому відновний газ рівномірно заповнює порожнину печі, охоплюючи відновлюваний матеріал по всьому її перерізу та забезпечуючи проходження процесу відновлення всього об'єму матеріалу, що завантажується.

У процесі хімічних реакцій (ендотермічних і екзотермічних), які проходять у печі, температура матеріалу знижується і відновлення проходить при температурі $900-950^\circ C$.

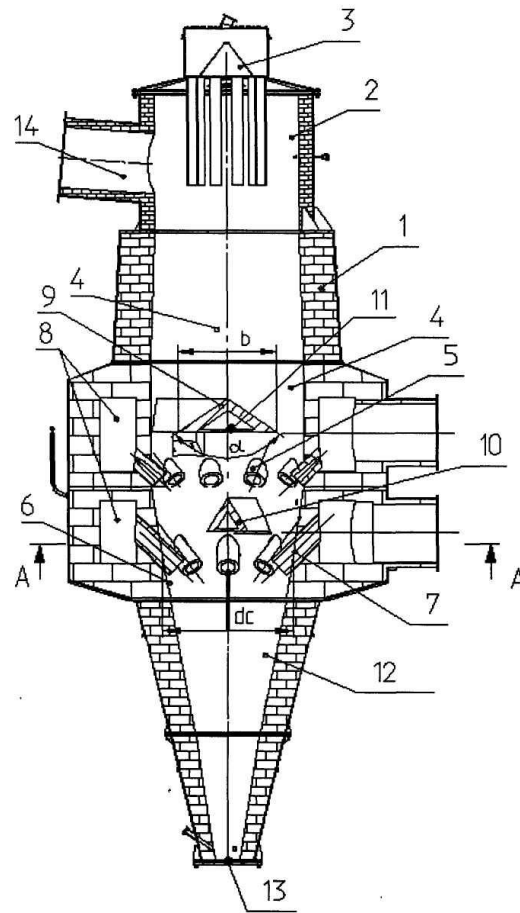
Вхідний матеріал рухається під власною вагою в зоні 4 розігріву і зоні 6 відновлення матеріалу, досягає розміщених у них балок трикутного поперечного перерізу і гальмується в центральній частині. У результаті цього швидкості вертикального переміщення шарів, які знаходяться в центрі і на периферії печі, вирівнюються. Відновний газ, що піднімається далі нагору, в зоні нагрівання печі віддає своє тепло окатишам і тим самим здійснює підігрів вхідного матеріалу.

Відновлене залізо надходить у зону 12 охолодження і карбонізації, де відбувається його охолодження природним шляхом (без використання охолоджувальних газів) до температури $\approx 850^\circ C$ і насичення вуглецем.

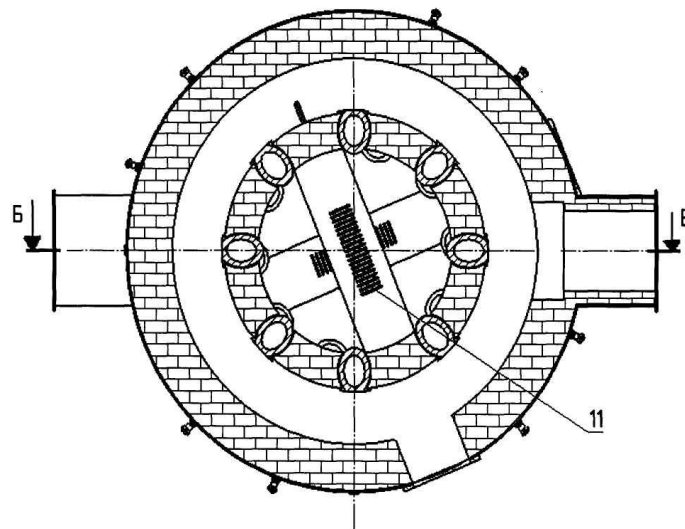
Відновлене залізо переміщається далі до випускного отвору, виводиться з печі і направляється для подальшої переробки.

Завдяки тому, що в розглянутій конструкції печі забезпечене рівномірне вертикальне переміщення матеріалу і максимально рівномірна обробка його відновним газом, стало можливим прискорити процес одержання готового відновленого заліза за рахунок регулювання об'ємів відновленого продукту, що випускається через отвір 13.

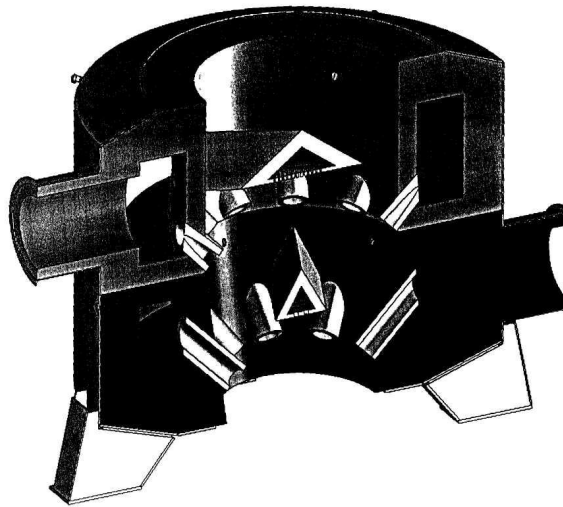
З усього вище викладеного видно, що використання шахтної печі запропонованої у винаході конструкції забезпечує підвищення її продуктивності при одночасному підвищенні якості відновлюваного заліза.



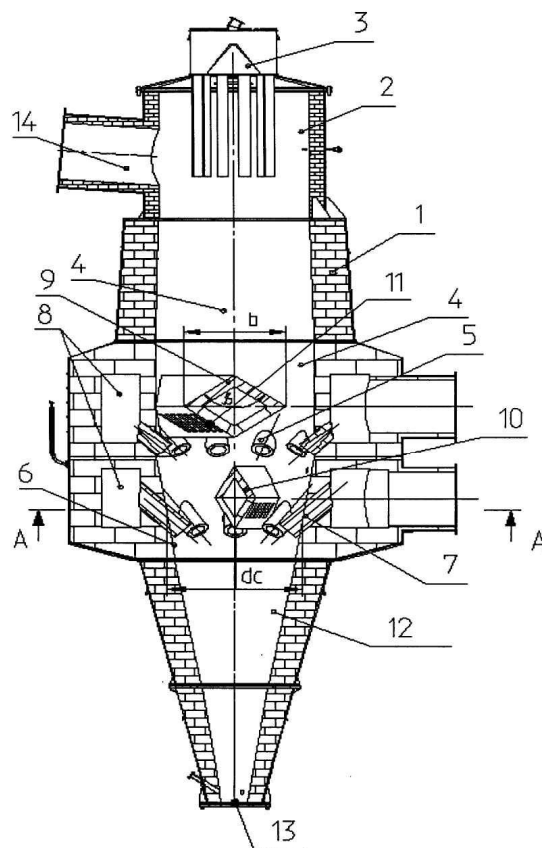
Φir.1



Φir.2



Фиг.3



Фиг.4