



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 112826

(13) C2

(51) МПК

C21B 7/20 (2006.01)

F27B 1/20 (2006.01)

F27D 3/10 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**(21)** Номер заявки: а 2015 08436**(22)** Дата подання заявки: 28.08.2015**(24)** Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.10.2016**(41)** Публікація відомостей про заявку: 25.03.2016, Бюл.№ 6**(46)** Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2016, Бюл.№ 20**(72)** Винахідник(и):

Руських Володимир Петрович (UA),
Семаков Вадим Вікторович (UA),
Кірсанов Роман Юрійович (UA),
Авдєєв Роман Васильович (UA),
Гаврилоглу Дмитро Іванович (UA),
Семчук Світлана Валеріївна (UA)

(73) Власник(и):

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ
ЗАКЛАД "ПРІАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",
вул. Університетська, 7, м. Маріуполь,
87500 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:

UA 51584 A, 15.11.2002

UA 77867 C2, 15.01.2007

SU 1320231 A, 30.06.1987

SU 1710579 A1, 07.02.1989

EP 2851437 A1, 25.03.2015

JP 2011219800 A, 04.11.2011

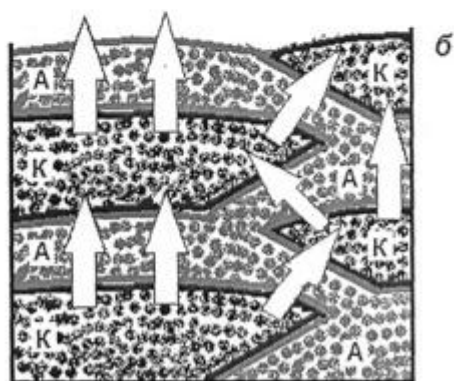
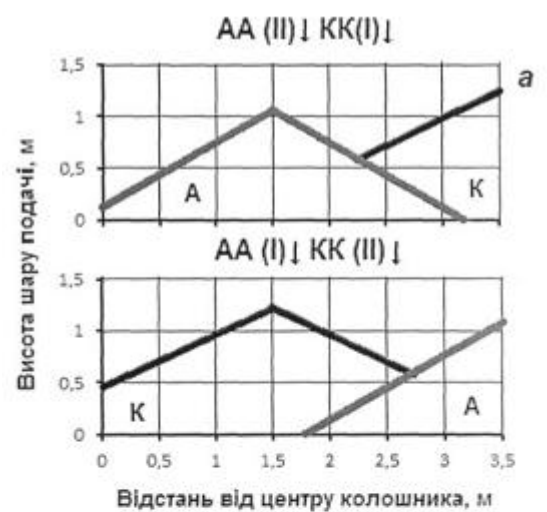
JP 60243203 A, 03.12.1985

Русских В. П. и др. Исследование
газопроницаемости доменной шихты при
различном расположении слоев
компонентов // Металлургическая и
горнорудная промышленность. - 2015. - №
1. - С. 13-16

(54) СПОСІБ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ**(57)** Реферат:

Винахід належить до чорної металургії. Спосіб завантаження доменної печі включає роздільну подачу залізорудної шихти і коксу безконусним завантажувальним пристроєм, в якому залізорудну шихту і кокс укладають почергово у дві радіальні зони колошника двома окремими концентричними кільцевими шарами, які перекривають всю площу колошника, змінюючи послідовність укладання залізорудної шихти і коксу радіусом печі при досягненні висоти прошарку коксу більш 20 d_k , де d_k – середній діаметр кусків коксу. Запропонований спосіб забезпечує підвищення продуктивності плавки на 2 % зі зниженням питомої витрати коксу на 1-2 %.

UA 112826 C2



Фиг. 3

Винахід належить до чорної металургії і може бути використаний при завантаженні доменних печей.

Звичайне завантаження доменної печі включає подачу на колошник шихтових матеріалів: порцій коксу (К) та залізорудної шихти, представленої агломератом (А) і/або котунами (Ко), що прошарками накопичуються у лійці нижнього конуса конусного завантажувального пристрою або в шихтовому бункері безконусного завантажувального пристрою (БЗП) [1]. Завантажені в доменну піч матеріали розташовуються на поверхні попередньо завантаженої шихти прошарками. Раціональний розподіл шихтових матеріалів передбачає їхнє різне співвідношення радіусом колошника [2]. Біля стін колошника завантажується відносно більша кількість залізорудної шихти переважно великої фракції, тому що на периферії проходить зазвичай більше газу. Підвищена газопроникність центральної зони забезпечується завантаженням більшої кількості газопроникного коксу. В проміжній зоні колошника концентрується більш дрібна фракція залізорудної шихти. Такий розподіл шихтових матеріалів радіусом колошника сприяє їх плавному сходу в печі завдяки створенню периферійно-осьового газового потоку. Однак у результаті різного рудного навантаження на газ у різних точках колошника відновний потенціал газового потоку в цілому в печі недовикористовується, тому що у периферійній та центральній зонах проходить більша за потрібну на відновлення оксидів заліза кількість газу, а у проміжній зоні колошника відновного газу не вистачає.

Відомий спосіб завантаження доменної печі [3] спрямований на підвищення інтенсивності газового потоку в зоні найбільшого зосередження залізорудної шихти (рудного гребеня), що забезпечує більш повне використання доменного газу та зниження питомої витрати коксу. Реалізація способу передбачає завантаження залізорудних матеріалів розподіленими по радіусу колошника кільцевими гребенями, а кокс зосередженими кільцевими гребенями в середню частину залізорудного гребеня. Результатом даного укладання матеріалів є зниження максимального значення рудного навантаження радіусом у зоні розподіленого рудного гребеня, тобто над середньою частиною його шару збільшується кількість газопроникного коксу, що забезпечує прохід підвищеної кількості газу. Завдяки цьому в рудному гребені повніше протікають реакції непрямого відновлення заліза, які сприяють зниженню питомої витрати коксу. Однак інтенсивність плавки в цілому практично не змінюється, а інтенсивність за дуттям дещо скорочується.

Найбільш близький спосіб завантаження доменної печі [4] за допомогою двоконусного завантажувального пристрою передбачає подачу шихти в піч роздільними порціями залізорудної сировини об'ємом 4-5 повністю завантажених скіпів, що забезпечує перекриття поверхні засипання по перерізу колошника прошарками однорідного матеріалу товщиною від 0,75 до 1,5 метрів або 10-20 % від діаметра колошника. Дана товщина прошарків коксу забезпечує збереження коксових вікон у зоні розм'якшення, що сприяє високій газопроникності стовпа шихти у доменній печі. Роздільне завантаження запобігає перемішуванню залізорудних матеріалів з коксом, забезпечує рівномірний розподіл прошарку залізорудної шихти і прошарку коксу по горизонтальному перерізу печі та відповідно рівномірному розподілу газодинамічного опору стовпа шихтових матеріалів. Системи завантаження $AAAA \downarrow KKKK \downarrow$, або $AAAAA \downarrow KKKKK \downarrow$ забезпечують практично однакове співвідношення кількості залізорудних матеріалів і відновних газів перерізом колошника, що підвищує ступінь використання відновної та теплової енергій доменного газу [5]. Однак, рівномірний розподіл шихтових матеріалів, що мають у своєму складі значну кількість дрібних фракцій, загрожує їх плавному сходу в печі, тому робота доменних печей на збільшених порціях коксу та залізорудної шихти потребує вживання заходів щодо стабілізації розподілу рудних навантажень на кокс кільцевими зонами колошника [6]. Тобто рівномірний розподіл шихтових матеріалів без вжиття додаткових заходів приводить до нерівного ходу печі, зниження швидкості опускання шихти, підвисання шихти, що зумовлює скорочення продуктивності доменної плавки та підвищення питомої витрати коксу.

В основу винаходу поставлена задача розробки способу завантаження доменної печі, в якому нова послідовність здійснення дій за рахунок утворення високих прошарків коксу по чергово біля стін або ближче до центра печі забезпечить раціональний розподіл шихтових матеріалів перерізом колошника, підвищення інтенсивності доменної плавки, ступеня використання відновного газу в печі, збільшення продуктивності печі та зниження питомої витрати коксу.

Для вирішення поставленої задачі в способі завантаження доменної печі, що включає роздільну подачу залізорудної шихти і коксу безконусним завантажувальним пристроєм, відповідно до винаходу, залізорудну шихту і кокс укладають по чергово у дві радіальні зони колошника двома окремими концентричними кільцевими шарами, які перекривають всю площу

колошника, змінюючи послідовність укладання залізорудної шихти і коксу радіусом печі при досягненні висоти прошарку коксу більше $20 d_k$, де d_k - середній діаметр кусків коксу.

В доменній печі формується неоднорідна структура стовпа шихтових матеріалів, газопроникність якого визначається не лише газодинамічними характеристиками його компонентів, але і розташуванням шарів окремих матеріалів [7].

Одним із методів визначення опору матеріалів руху газів є вимір перепаду статичного тиску газу ΔP в шарі сипкого матеріалу, який укладається в газодинамічний циліндр і продувається повітрям з послідовним збільшенням його витрати.

Суть способу пояснюється 3 кресленнями, де фіг. 1 - результати лабораторних досліджень газопроникності залізорудної шихти при її пошаровому укладанні з коксом; фіг. 2 - результати лабораторних досліджень впливу висоти прошарків коксу на газопроникність шихти при пошаровому укладанні агломерату з коксом; фіг. 3 - розміщення шарів коксу та агломерату на колошнику при завантаженні (а) та опусканні в доменній печі (б).

Лабораторні дослідження перепаду статичного тиску в шарах котунів (фіг. 1, крива 1) і агломерату (крива 2) фракції 3-4 мм рівної висоти, що становила 150 мм, підтвердили кращу газопроникність агломерату [1]. Газопроникність шару коксу тієї ж висоти, розмір частинок котрого дорівнював 5-7 мм, була значно краща за залізорудні матеріали (крива 5).

Дослідженнями [8] газодинамічного опору в рухомому стовпі доменної шихти встановлено, що пошарове укладання агломерату та коксу покращує його газопроникність відносно газопроникності моношихти, що складається з агломерату, і погіршує - відносно моношихти, що складається з коксу.

В проведених лабораторних експериментах гірша газопроникність котунів (фіг. 1, крива 3) порівняно з агломератом (крива 4) зберігалася і при пошаровому завантаженні цих матеріалів з коксом, яке сприяє зниженню перепаду статичного тиску газу в шарі шихти. В лабораторних умовах проведені експерименти при укладанні в циліндр чотирьох горизонтальних шарів, що чергуються, залізорудної шихти і коксу рівної висоти 37,5 мм при постійній загальній висоті шару шихти в газодинамічному циліндрі 150 мм. Газопроникність чотиришарової шихти $2 \times AK$ (АКАК, крива 4) при витраті повітря $150 \text{ м}^3/\text{год}$ підвищилася на 26 % порівняно з газопроникністю моношару агломерату (крива 2). Аналогічно, підвищилася газопроникність чотиришарової шихти $2 \times KoK$ (КоККоК, крива 3) порівняно з газопроникністю моношару котунів (крива 1).

В умовах доменної плавки на газопроникність стовпа шихти впливає кількість міжшарових зон, що доводяться на одиницю висоти печі. Збільшення маси подачі підвищує газопроникність стовпа шихти та покращує обробку відновним газом залізорудної шихти, оскільки разом із скороченням кількості міжшарових зон збільшується висота прошарку газопроникного коксу, в якому проходить відносно вирівнювання розподілу газового потоку під кожним рудним шаром [6].

Лабораторні дослідження впливу висоти прошарків коксу в залізорудній шихті на газопроникність усього стовпа зернистих матеріалів постійної висоти 150 мм проведені для двокомпонентної шихти з горизонтальними шарами коксу і агломерату, що чергуються, рівної висоти. Лабораторні експерименти показали (фіг. 2), що при підвищенні висоти прошарку коксу газопроникність усього стовпа матеріалів зростає. Найбільший перепад статичного тиску газу спостерігався у випадку $4 \times AK$ (крива 1), тобто при висоті прошарків агломерату і коксу 18,75 мм для восьмишарової шихти. При підвищенні висоти прошарків агломерату і коксу у чотирикомпонентній шихті до 37,5 мм, газопроникність усього стовпа збільшувалася (крива 2). При укладанні агломерату та коксу двома горизонтальними шарами рівної висоти $h=75 \text{ мм}$ (крива 3), що відповідає приблизно 12 середнім діаметрам кусків коксу d_k , перепад статичного тиску газу при витраті повітря $200 \text{ м}^3/\text{год}$ в стовпі всієї шихти знизився на 25 % порівняно з чотиришаровим укладанням ($h=37,5 \text{ мм}$) та на 30 % порівняно з восьмишаровим укладанням ($h=18,25 \text{ мм}$). При підвищенні рудного навантаження дана залежність зберігалася [9].

Попередні дослідження на прозорій плоскій моделі доменної печі [7] показали, що завантаження змішаними подачами, наприклад $AAKK \downarrow$, $KKAA \downarrow$, які зазвичай використовуються у практиці ведення доменної плавки, не забезпечує при опусканні стовпа шихти суцільності коксових вікон. Прошарки коксу з початковою висотою біля 0,4 м, що відповідає приблизно $10 d_k$, при русі вниз тоншають, іноді повністю зникають, а кокс виштовхується до центра печі. Збереженню коксових вікон висотою печі сприяє підвищення висоти прошарків коксу удвічі.

Таким чином, формування біля стін та у центрі печі високих прошарків коксу дозволить значно підвищити інтенсивність доменної плавки, рудне навантаження на кокс при збереженні плавного сходу шихти та повніше використовувати теплову та відновну енергію газу в результаті змішування газових потоків двох радіальних зон при їхньому змінному по радіусу печі напрямку руху в проміжній зоні.

Приклад здійснення завантаження доменної печі за пропонованим способом.

При здійсненні пропонованого способу безконусним завантажувальним пристроєм шихту у доменну піч завантажують за наступною системою: AA(I)↓KK(II)↓ - n, AA(II)↓KK(I)1 - n, де I і II - перша (ближча до стін колошника) і друга (ближча до центра) радіальні зони перерізу колошника; n - кількість подач. Наприклад, рудна колоша становить 30 т, то її об'єм при щільності агломерату $1,8 \text{ т/м}^3$ дорівнює $16,7 \text{ м}^3$. При рудному навантаженні на кокс $3,59 \text{ т/т}$ маса коксу в подачі становить $8,35 \text{ т}$ при його об'ємі $16,7 \text{ м}^3$. Першу порцію агломерату об'ємом $16,7 \text{ м}^3$, тобто два скіпи, набрані, наприклад, в лівий бункер БЗП, подають (фіг. 3, а) на станції лотка під кутом нахилу, що вивантажує шихту ближче до стін. Таким чином, агломерат укладають на поверхні засипання периферійним кільцем. Відповідно, першу порцію коксу об'ємом $16,7 \text{ м}^3$, тобто два скіпи, набрані, в правий бункер БЗП, подають на станції лотка під кутом нахилу, що вивантажує шихту у другу, ближчу до центра, радіальну зону перетину колошника з гребенем матеріалу, розташованим приблизно на відмітці $0,40\text{-}0,45 \text{ ч. од.}$ радіусу колошника r від центра печі. Таким чином, шар коксу створить у центрі колошника коло радіусом $0,75\text{-}0,80 \text{ г.}$, що частково перекриватиме шар агломерату. При завантаженні даної подачі на периферії створиться шар агломерату висотою в середньому $0,8 \text{ м.}$, а у центральному колі перерізу колошника - шар коксу висотою в середньому $0,85\text{-}0,9 \text{ м.}$, що при середньому розмірі куска коксу $42,5 \text{ мм}$ дорівнює приблизно $20,6 d_k$.

Дана висота прошарку коксу дозволяє при завантаженні наступної подачі змінити черговість укладання матеріалів радіусом колошника, тобто другу порцію агломерату в об'ємі двох скіпів подають з лівого бункера БЗП при досягненні заданого рівня засипання на попередньо завантажений шар коксу - на станції лотка під кутом нахилу, що вивантажує шихту в другу, ближчу до центра, радіальну зону перерізу колошника з гребенем, розташованим приблизно на відмітці $0,40\text{-}0,45 \text{ г.}$ від центра печі. Агломерат утворює коло радіусом $0,9 \text{ г.}$ При цьому шар агломерату перекриває не тільки шар коксу, а дещо по краях кола кільцем завширшки $0,1 \text{ г.}$ тонким шаром укладається на агломерат попередньої подачі, підвищуючи його висоту до $0,9 \text{ м.}$ В результаті при опусканні матеріалів у печі шари агломерату, розташовані по черзі біля стін та у центрі печі, поєднуються більш тонким похилим прошарком агломерату (фіг. 3, б). Біля стін колошника з правого бункера БЗП завантажують другу порцію коксу в об'ємі двох скіпів на попередньо укладений шар агломерату - на станції лотка під кутом нахилу, що вивантажує шихту ближче до стін. Шар коксу являє собою периферійне кільце біля стін заввишки більш $0,9 \text{ м.}$, що дозволяє знову змінити послідовність укладання залізородних матеріалів і коксу радіусом печі.

В розглянутому випадку об'єм шихтових матеріалів однієї подачі забезпечує створення високого прошарку коксу біля $21 d_k$, тобто в пропонованій системі завантаження AA(I)↓KK(II)↓ - n, AA(II)↓KK(I)↓ - n кількість кожної подачі дорівнює $n=1$. При недостатній висоті прошарку коксу не більше $20 d_k$ порядок завантаження матеріалів повторюється, тобто $n=2$.

Таким чином, при розглянутій системі завантаження високі прошарки коксу в периферійній зоні чергуються з прошарками агломерату висотою приблизно $0,9 \text{ м.}$, а в центральній зоні - з дещо нижчими прошарками агломерату висотою приблизно $0,7 \text{ м.}$, що сприятиме розвитку газового потоку в осьовій зоні та меншою мірою біля стін печі, підвищенню продуктивності доменної печі.

Між даними зонами на відстані від стін $0,3\text{-}1,7 \text{ м}$ або $0,1\text{-}0,5 \text{ г.}$ прошарки агломерату першої та другої подач поєднуються більш тонким прошарком агломерату, що розділяє прошарки коксу суміжних подач. Така структура стовпа матеріалів у печі, з однієї сторони, знижує порівняно з периферійною та центральною зонами інтенсивність газового потоку в проміжній зоні, а з іншої сторони, сприяє перетіканню відновного газу з коксового прошарку, розташованого в центральній зоні не лише вверх крізь шар агломерату, а й убік верхнього коксового прошарку, розташованого біля стін печі, а далі вверх та убік коксового прошарку наступної подачі, розташованого в центрі печі, і т. д. (фіг. 3, б). Зміна напрямку руху супроводжується перемішуванням газу периферійної та центральної зон печі, що забезпечує повніше використання його відновної та теплової енергій зі скороченням питомої витрати коксу.

Запропонований спосіб завантаження доменної печі забезпечує підвищення продуктивності плавки на 2% зі зниженням питомої витрати коксу на $1\text{-}2 \%$ порівняно з найближчим аналогом.

Джерела інформації:

1. Ефименко Г.Г. Металлургия чугуна /Г.Г. Ефименко, А.А. Гиммельфарб, В.Е. Левченко. - К.: Вища школа, 1981. - 494 с.

2. Тарасов В.П. Газодинамика доменного процесса /В.П. Тарасов. - М.: Металлургия, 1990. - 216 с.

3. Спосіб завантаження доменної печі: Патент на винахід № 47820 А С21В7/20 // О.А. Томаш, В.П.Тарасов, Л.В. Биков [та ін.]. - опубл. 15.07.2002. - Бюл. № 7.

4. Спосіб завантаження шихти в доменну піч: Патент на винахід № 51584 А С21В 7/00 // В.С Бойко, Є.О. Царіцин, О.П. Малимон [та ін.]. - опубл. 15.11.2002. - Бюл. № 11.

5 5. Управление радиальным распределением шихты и газов в доменных печах ОАО "ММК им. Ильича" при раздельной загрузке увеличенных масс кокса и агломерата / А.А. Томаш, Н.В. Косолап, А.А. Малимон [и др.] // Metallургические процессы и оборудование. - 2005. - № 2. - С. 35-38.

10 6. Работа доменных печей на увеличенной массе подачи /В.П. Лялюк, В.А. Шеремет, В.А. Листопадов [и др.] // Metallургическая и горнорудная промышленность. - 2011. - № 1. - С. 5-9.

7. Русских В.П. Исследование влияния систем загрузки шихтовых материалов на распределение газового потока в доменной печи [Текст] /В.П. Русских, М.А. Аленгос, Д.К. Степнов // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. наук, праць /ПДТУ. - Маріуполь, 2009. - Вип. 19. - С. 21-24.

15 8. Ковшов В.Н. Исследование взаимосвязи газодинамического сопротивления и газораспределения в движущемся столбе доменной шихты /В.Н. Ковшов, В.А. Петренко, Н.В. Терещенко // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. - 1981. - № 12. - С. 17-20.

20 9. Исследование газопроницаемости доменной шихты при различном расположении слоев компонентов /В.П. Русских, В.В. Семаков, Д.И. Гаврилоглу [и др.] // Metallургическая и горнорудная промышленность. - 2015. - № 1. - С. 13-16.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

25 Спосіб завантаження доменної печі, що включає роздільну подачу залізорудної шихти і коксу безконусним завантажувальним пристроєм, який **відрізняється** тим, що залізорудну шихту і кокс укладають по чергово у дві радіальні зони колошника двома окремими концентричними кільцевими шарами, які перекривають всю площу колошника, змінюють послідовність укладання залізорудної шихти і коксу радіусом печі при досягненні висоти прошарку коксу більше $20 d_k$, де d_k – середній діаметр кусків коксу.

30

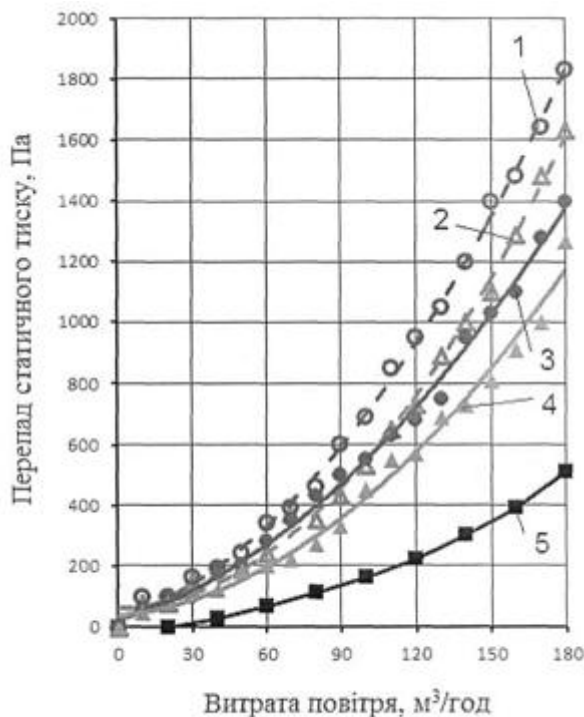
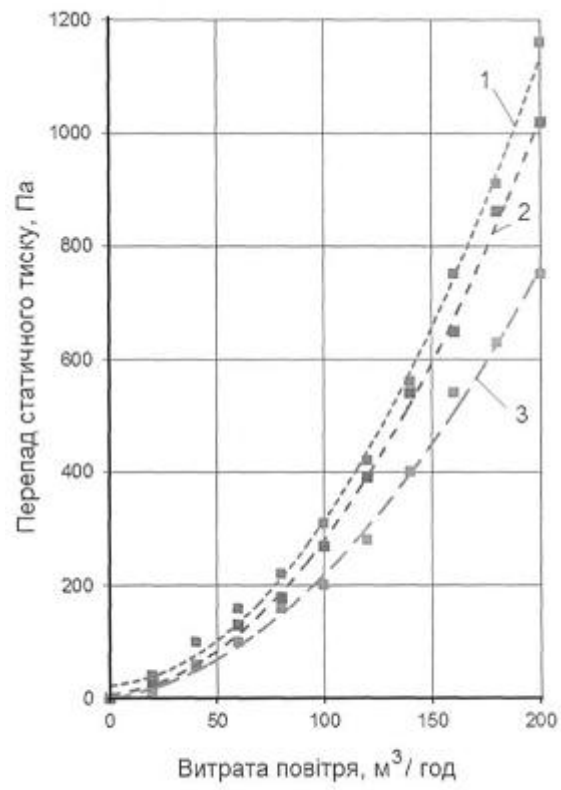


Fig. 1



Фиг. 2

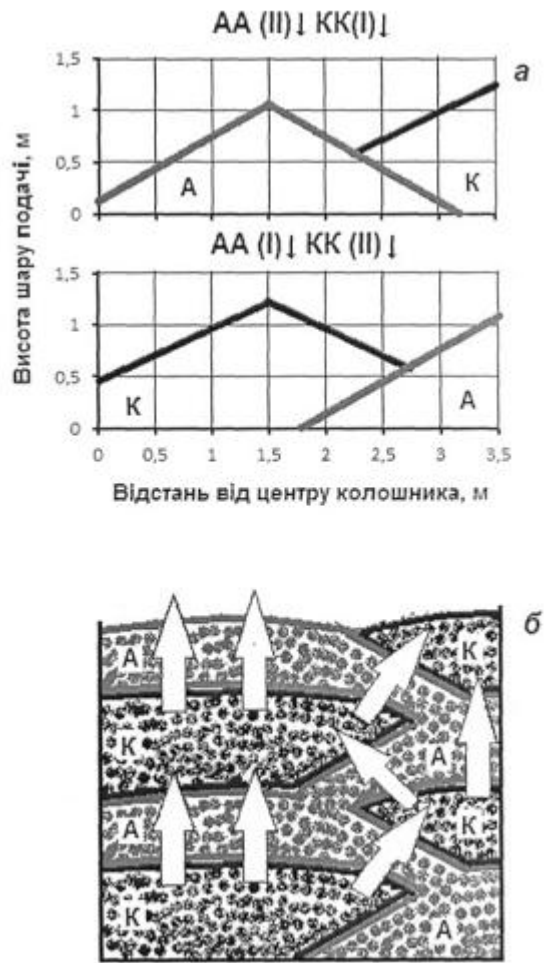


Fig. 3