



УКРАЇНА

(19) UA (11) 77069 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
C22B 1/16  
C22B 1/14  
C22B 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ОДЕРЖАННЯ ФЕРИТНО-КАЛЬЦІЄВОГО КОМПЛЕКСНОГО МАТЕРІАЛУ

1

(21) 20041008105  
(22) 06.10.2004  
(24) 16.10.2006  
(46) 16.10.2006, Бюл. № 10, 2006 р.  
(72) Колісник Василь Миколайович, Чистікова Оксана Василівна, Карпенко Єлена Владіславовна, RU, Карпенко Роман Альбертовіч, RU  
(73) Колісник Василь Миколайович, Чистікова Оксана Василівна  
(56) UA 62319, A, 15.12.2003  
UA 46310, A, 15.05.2002  
SU 600375, 28.03.1978  
SU 1463780, A2, 07.03.1989  
RU 94003582, A1, 20.10.1995  
US 4063930, 20.12.1977  
US 4092406, 30.05.1978  
Коротич В.И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. - М.: Металлургия, 1978. - С. 143.  
(57) 1. Спосіб агломераційного одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу, що включає дозування складових шихти: залізовмісної сировини, твердого палива і звороту, їх змішування, зволоження й огрудкування, завантаження шихти в спікальні чаші, запалювання і спікання під тиском повітря, дроблення спіку, поділ його на феритно-кальцієвий комплексний матеріал і зворот шляхом грохочення, який **відрізняється** тим, що залізовмісну сировину - перезволожені шлами чи замаслену окалину - при складанні вихідної шихти змішують з дробленим вапняком при крупності складових його фракцій не більше 3-5 мм і з коефіцієнтом огрудкування Вітюгіна  $K \leq 0,15$ , при цьому кількість вапняку визначають на підставі балансового рівняння:  
 $X + Y = 100$ ,  
 $a_3X + a_bY = W_{\text{зад}}$ ,

2

де  $X$  - питома витрата вологої залізовмісної сировини для одержання залізо-вапнякового матеріалу, кг/100 кг суміші;  
 $Y$  - питома витрата вапняку з природною вологістю, кг/100 кг суміші;  
 $a_3$  - вихідна вологість залізовмісної сировини, частки од.;  
 $a_b$  - вихідна вологість вапняку, частки од.;  
 $W_{\text{зад}}$  - задана кількість води в суміші залізовмісної сировини і вапняку,  
а після повного складання шихти нею заповнюють спікальну чашу, запалюють за допомогою газоподібного палива і під тиском стиснутого повітря формують фронт максимуму теплової хвилі, швидкість переміщення якої в шарі шихти визначають за залежністю  
 $V = K_1(C_r/C_{\text{ш}})W_0$ ,  
де  $V$  - швидкість переміщення фронту максимуму теплової хвилі, мм/хв.;  
 $K_1$  - коефіцієнт пропорційності;  
 $C_r$  - об'ємна теплоємність газу, кДж/м<sup>3</sup>;  
 $C_{\text{ш}}$  - об'ємна теплоємність шихти, кДж/м<sup>3</sup>;  
 $W_0$  - приведена швидкість фільтрації повітря, м/с, причому після формування спіку в спікальній чаші його піддають дробленню і грохоченню, формуючи два потоки, один із яких - товарний феритно-кальцієвий комплексний матеріал, а інший - зворот.  
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що замаслену залізовмісну сировину розміщують у горизонтальному відстійнику, заповненому водою, і піддають впливу висхідних потоків повітря до утворення водно-масляної піни, яку відокремлюють для наступної утилізації, після чого залізовмісну сировину витягають з відстійника, збезводнюють і включають у вихідну шихту.

Винахід відноситься до області чорної металургії і може бути використаний для спікання під тиском залізовмісних і карбонатних відходів мета-

лургійного виробництва. Заявлений винахід забезпечує можливість переробки й утилізації шламових відвалів металургійних виробництв, представ-

(19) UA (11) 77069 (13) C2

лених шламами і пилом газоочисток сталеплавильних, доменних, агломераційних, вапняно-випалювальних цехів, відсіваним енергетичного вугілля, замасленою дрібно- і крупнозернистою окалиною, колошниковим пилом, металошлаковими відсвами конверторного шлаку.

Відомий спосіб одержання агломерату, який включає бункерування, дозування складових шихти: залізорудної сировини, твердого палива, дробленого вапняку і звороту, їхнє первинне змішування, усереднення, вторинне змішування зі зволоженням і огрудкування, завантаження шихти на агломашину, запалювання і спікання, дроблення спіку, поділ його на агломерат і зворот шляхом грохочення [1].

Недоліком відомого способу є те, що він реалізується на агломашині стрічкового типу з металоемних конструкцій основного і допоміжного устаткування з просмокуванням повітря крізь шар шихти з обмеженою питомою продуктивністю ( $1,0-1,6 \text{ т/м}^2 \cdot \text{г}$ ). Реалізація способу неможлива при агломерації шихти, що складається з замасленої окалини і перезвожених дрібнодисперсних шламів металургійного циклу. Переробка зазначеної сировини призводить до виходу з ладу ротора ексгаустера і значним викидам в атмосферу канцерогенних газоподібних продуктів спікання.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним як прототип, є спосіб агломераційного одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу, що включає дозування складових шихти: залізовмісної сировини, твердого палива, дробленого вапняку і звороту, їхнє змішування, зволоження і огрудкування, завантаження шихти у спікальні чаші, запалювання і спікання під тиском повітря, дроблення спіку, поділ його на феритно-кальцієвий комплексний матеріал і зворот шляхом грохочення [2].

Недоліком відомого способу є те, що при його реалізації важко забезпечити задану механічну міцність і фізико-механічні властивості готового феритно-кальцієвого комплексного матеріалу (ФКМ) при використанні в технологічному процесі агломерації вихідної сировини, стабільність фізико-хімічних характеристик якої важко забезпечити.

Крім того, технологічний цикл відомого способу агломерації не передбачає можливість утилізації відходів металургійного виробництва: перезвожених шламів сталеплавильних, доменних, агломераційних, вапняно-випалювальних цехів, відсівів енергетичного вугілля, замасленої крупнозернистої і дрібнозернистої окалини.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу агломераційного одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу за рахунок використання як залізовмісної сировини у шихті шламів основних технологічних цехів металургійного виробництва або замасленої окалини на основі визначення оптимального вмісту дробленого вапняку і його фракційного складу у формованій шихті, її спікання під тиском повітря і керування швидкістю спікання (швидкістю переміщення максимуму теплової хвилі).

Це дозволить підвищити продуктивність агломераційного процесу, поліпшити механічні і фізико-хімічні властивості ФКМ, забезпечити можли-

вість відпрацьовування техногенних родовищ, сформованих у результаті металургійного виробництва.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що спосіб агломераційного одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу включає дозування складових шихти: залізовмісної сировини, твердого палива, дробленого вапняку і звороту, їхнє змішування, зволоження й завантаження шихти у спікальні чаші, запалювання і спікання під тиском повітря, дроблення спіку, поділ його на феритно-кальцієвий комплексний матеріал і зворот шляхом грохочення.

Відповідно до винаходу, залізовмісну сировину - перезвожені шлами чи замаслену окалину при складанні вихідної шихти змішують з дробленим вапняком при крупності складових його фракцій не більше 3-5 мм і з коефіцієнтом огрудкування Вітюгіна  $K \leq 0,15$ , при цьому кількість вапняку визначають на підставі балансового рівняння:

$$X + Y = 100$$

$$a_3 X + a_8 Y = W_{\text{зад}},$$

де  $X$  - питома витрата вологої залізовмісної сировини для одержання залізо-вапнякового матеріалу,  $\text{кг/100 кг суміші}$ ;

$Y$  - питома витрата вапняку з природною вологістю,  $\text{кг/100 кг суміші}$ ;

$a_3$  - вихідна вологість залізовмісної сировини, частки од.;

$a_8$  - вихідна вологість вапняку, частки од.;

$W_{\text{зад}}$  - задана кількість вологи в суміші залізовмісної сировини і вапняку.

Після повного складання шихти нею заповнюють спікальну чашу, запалюють за допомогою газоподібного палива і під тиском стиснутого повітря формують фронт максимуму теплової хвилі, швидкість переміщення якого в шарі шихти визначають по залежності

$$V = K_1 (C_r / C_{\text{ш}}) W_0,$$

де  $V$  - швидкість переміщення фронту максимуму теплової хвилі,  $\text{мм/хв}$ ;

$K_1$  - коефіцієнт пропорційності;

$C_r$  - об'ємна теплоємність газу,  $\text{кДж/м}^3$ ;

$C_{\text{ш}}$  - об'ємна теплоємність шихти,  $\text{кДж/м}^3$ ;

$W_0$  - приведена швидкість фільтрації повітря,  $\text{м/с}$ .

Після формування спіку у спікальній чаші його піддають дробленню і грохоченню, формуючи два потоки, один із яких - товарний феритно-кальцієвий комплексний матеріал, а інший - зворот.

Для попереднього відділення нафтопродуктів від залізовмісної сировини (замасленої дрібно- і крупнозернистої окалини) її розмішують у горизонтальному відстійнику, заповненому водою, і піддають впливу висхідних потоків повітря до утворення водно-масляної піни, яку відокремлюють для наступної утилізації, після чого залізовмісну сировину витягають з відстійника, збездводнюють і включають у вихідну шихту, яка складається, для виробництва феритно-кальцієвого комплексного матеріалу.

Винахід, що заявляється, ілюструється технологічними схемами агломераційного одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу, де на Фіг.1 показана технологічна схема одержання ФКМ із залізовмісної сировини - зневоднених від-

ходів металургійного виробництва; на Фіг.2 - технологічна схема одержання ФКМ із залізовмісної сировини - замасленої окалини і/чи перезволожених шламів.

Спосіб реалізується таким чином.

Шихту для одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу (ФКМ) складають із залізовмісної сировини 1 (відходи металургійного виробництва - шлами і/чи замаслена окалина), твердого палива 2. Їхнє вагове співвідношення дозують відповідно до розрахунку.

Для економії енергетичних ресурсів зневоднювання перезволожених шламів і замасленої окалини, а також додання їм необхідних фізико-хімічних властивостей, здійснюється за рахунок змішування з сипучим матеріалом із заданим гранулометричним складом і фізико-механічними параметрами поверхні часток.

Основним критерієм застосування зазначеного сипучого матеріалу для досягнення гомогенного стану і рівномірного розподілу вологи між компонентами є коефіцієнт огрудкування Вітюгіна В.М. [1, 3], що визначається з виразу

$$K = (HKB - MG) / (MKB - HKB)$$

де: HKB - найменша капілярна вологоємність, %;

MKB - максимальна капілярна вологоємність, %;

MG - максимальна гігроскопічна вологоємність, %.

Виходячи з відомих факторів, що роблять вплив на однорідність сипучого матеріалу, можна сформулювати якісні вимоги до компонентів, що складають шихту і забезпечують її однорідність у процесі зневоднювання:

- хімічний склад шихти, що складається, повинний забезпечувати заданий хімічний склад кінцевого продукту із широким діапазоном зміни оксиду кальцію й обмеженим вмістом оксиду кремнію;

- компоненти суміші повинні мати значну різницю в щільності, поверхні матеріалу і вихідної вологості;

- один з матеріалів суміші повинний мати низький коефіцієнт огрудкування.

Проведені дослідження показали, що зниження вологості залізовмісної сировини з відходів металургійного виробництва й одержання на його основі феритно-кальцієвого комплексного матеріалу може бути досягнуте за рахунок застосування як сипучого компоненту вихідної шихти - кальцієвмісного матеріалу - дробленого вапняку з крупністю фракцій не більше 3-5мм, коефіцієнтом огрудкування Вітюгіна, який дорівнює 0,15 із природною вологістю 3-5%.

У результаті застосування вапняку з зазначеними властивостями забезпечується оптимальна вологість шихти, що складається з залізовмісної сировини 1, представленою відходами металургійного виробництва в межах 4-9%.

Зазначена величина оптимальної вологості залізовмісної сировини 1 забезпечується при введенні в шихту вапняку 3, кількісну оптимізацію 4 якого визначають на підставі рішення балансового рівняння

$$X + Y = 100$$

$$a_3X + a_6Y = W_{\text{зад}},$$

де X - питома витрата вологої залізовмісної сировини для одержання залізо-вапнякового матеріалу, кг/100кг суміші;

Y - питома витрата вапняку з природною вологістю, кг/100кг суміші;

$a_3$  - вихідна вологість залізовмісної сировини, частки од.;

$a_6$  - вихідна вологість вапняку, частки од.;

$W_{\text{зад}}$  - задана кількість вологи в суміші залізовмісної сировини і вапняку.

У процесі дозування 5 складену шихту поєднують із зворотом 6, що одержують у результаті закінченого технологічного циклу одержання ФКМ.

Складена шихта змішується 7, зволожується 8, огрудковується 9 і завантажується в спікальну чашу 10.

У спікальних чашах 10 шихту запалюють 11 за допомогою газоподібного палива, ізолюють ковпаком і подають стиснене повітря.

При подачі стиснутого повітря на поверхні шару шихти формується фронт максимуму теплової хвилі 12.

Проведені дослідження показали, що швидкість переміщення фронту максимуму теплової хвилі 12 залежить від гранулометричного складу суміші в спікальній чаші, об'ємній теплоємності газу і шихти і може бути визначена залежністю

$$V = K_1 (C_r / C_{\text{ш}}) W_0,$$

де V - швидкість переміщення фронту максимуму теплової хвилі, мм/хв;

$K_1$  - коефіцієнт пропорційності;

$C_r$  - об'ємна теплоємність газу, кДж/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{ш}}$  - об'ємна теплоємність шихти, кДж/м<sup>3</sup>;

$W_0$  - приведена швидкість фільтрації повітря, м/с.

Керування швидкістю переміщення фронту теплової хвилі забезпечує можливість оптимізації процесу агломерації й одержання високоякісного феритно-кальцієвого продукту для металургійної промисловості.

У процесі запалювання шихти 11 і після стабілізації процесу горіння верхнього шару здійснюють примусовий відвід продуктів горіння і пилу.

При спіканні 13 відбувається переміщення палаючого шару вниз спікальної чаші й одночасне охолодження одержуваного ФКМ спадними потоками повітря.

Завершується агломераційний процес повним спіканням шихти.

Охолоджений спік піддають дробленню 14 і грохоченню 15, при цьому формують два потоки, один із яких - ФКМ - товарний продукт для металургійної промисловості 16, інший - зворот 6 (дрібнофракційний ФКМ), що використовується як компонент вихідної шихти.

Як залізовмісна сировина можуть використовуватися техногенні родовища, які представлені шламовими відвалами металургійних виробництв - перезволоженими шлами і пилом газоочисток сталеплавильних, доменних, агломераційних, вапняно-випалювальних цехів, відсівами енергетичного вугілля, а також дрібно- і крупнозернистою замасленою окалиною, утвореною в результаті гідровидалення з мастильно-охолодних систем прокатних цехів.

Замаслена окалина містить до 20% нафтопродуктів різного складу і щільності. Це ускладнює процес виробництва ФКМ, сприяє виходу з ладу устаткування ексгаустера і негативно позначається на екологічній обстановці в промисловому регіоні. Для зниження вмісту нафтопродуктів в окалині її розмішують у горизонтальному відстійнику 17, обладнаному донною системою подачі стиснутого повітря 18. Висхідні потоки стиснутого повітря, проникаючи через простір між частками окалини, ініціюють флотаційний процес і за рахунок його відділяється окалина з низьким вмістом залишкових нафтопродуктів (<2,0%), а суміш води і нафтопродуктів захоплюється на поверхню відстійника, де утворює стійку водно-масляну піну.

Водно-масляну піну збирають, виділяють 19 і регенерують нафтопродукти різної щільності для подальшої утилізації як палива, мастильного матеріалу, або зворотно у технологічному процесі металургійного виробництва.

Після відділення нафтопродуктів окалина збездножуються 20 вапняком 3, 4, так само як і пере-

зволені шлами, і надходить у технологічний цикл дозування і складання шихти, як вихідний компонент описаної вище технології одержання феритно-кальцієвого матеріалу шляхом агломерації під тиском стиснутого повітря.

Дослідно-промислові випробування показали високу ефективність способу, реалізація якого дозволяє одержати ряд комплексних сировинних матеріалів для металургійного виробництва при відпрацюванні техногенних родовищ:

- феритно-кальцієвий комплексний матеріал для доменних і мартенівських печей;
- феритно-кальцієвий комплексний матеріал для сталеплавильного і конверторного виробництва;
- феритно-кальцієва суміш для виробництва залізорудних окатишів.

Хімічний склад феритно-кальцієвого комплексного матеріалу, отриманого в результаті досліджень пропонуваного способу, і його металургійні властивості представлені в таблиці.

Таблиця

Компоненти, металургійні властивості	ФКМ для конверторного і електросталеплавильного виробництв	ФКМ для мартенівських печей	ФКМ для доменних печей
Fe	<35	>40	>50
FeO	10-18	10-18	8-15
CaO	25-40	20-30	12-25
MgO	3-8	3-8	3-6
Інше Si <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Mn	<12	<12	<10
Розм'якшування, °C			885-1030
Температура плавлення, °C	1250-1300	1220-1300	1210-1250
Міцність (ДСТ 15137-77)			
<0,5мм	80-85	85-90	78-80
>5мм	2-5	2-4	5,0
Гаряча міцність (ДСТ 19575-77)			
>10мм			68,0-76,0
5-05мм			6,5-6,8
<0,5мм			2,9-3,3
Гранулометричний склад після транспортування(%)			
>40мм	5-8	10-15	8-10
40-10	55-75	50-70	65-70
10-5	10-15	10-20	18-20
5-0	5-10	10-15	1,0-5,0

Одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу для доменних печей дозволяє знизити витрати сирого флюсу, заощадити тверде паливо (кокс), підвищити продуктивність плавильного агрегату.

Одержання феритно-кальцієвого комплексного матеріалу для сталеплавильного і конверторного виробництва дозволяє знизити витрати вапна, підвищити стійкість футерівки, знизити витрати кисню і час продувки.

Одержання феритно-кальцієвого матеріалу для виробництва залізорудних окатишів дозволяє зменшити до мінімуму використання в шихті бен-

тоніту, підвищити зміст заліза в окатишах.

Реалізація способу дозволяє одержувати товарний продукт шляхом організації незалежних технологічних циклів агломерації, зменшити непродуктивні простоя устаткування при виконанні планових чи аварійних ремонтів.

Спосіб забезпечує можливість максимального уловлювання й очищення газоподібних продуктів горіння, що утворилися при одержанні ФКМ, відділення й утилізацію кольорових, лужних металів, а також інших хімічних речовин, що виносяться з зони спікання шихти.

Дослідно-промислові й експериментальні дос-

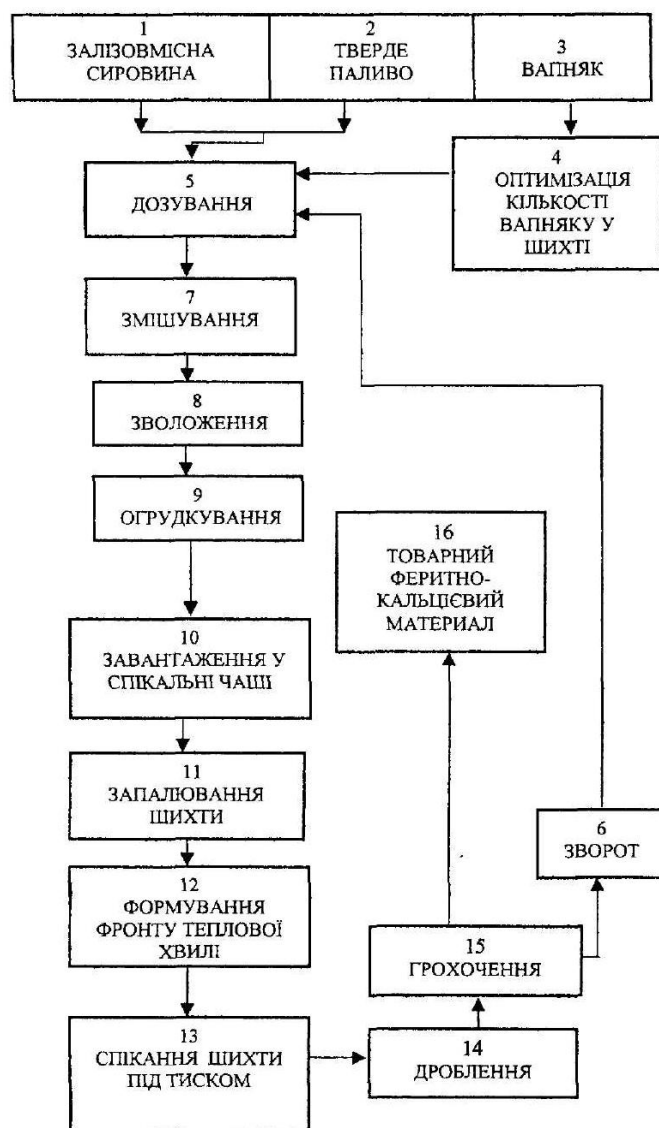
лідження показали, що заявлений спосіб може бути реалізований на базі діючих металургійних і гірничо-збагачувальних комплексів з використанням стандартного основного і допоміжного устаткування. Реалізація способу не вимагає значних виробничих площ, тому одержання ФКМ можливе на базі діючих агломераційних цехів чи інших виробничих підрозділів, що здійснюють утилізацію відходів металургійного виробництва.

Використані джерела

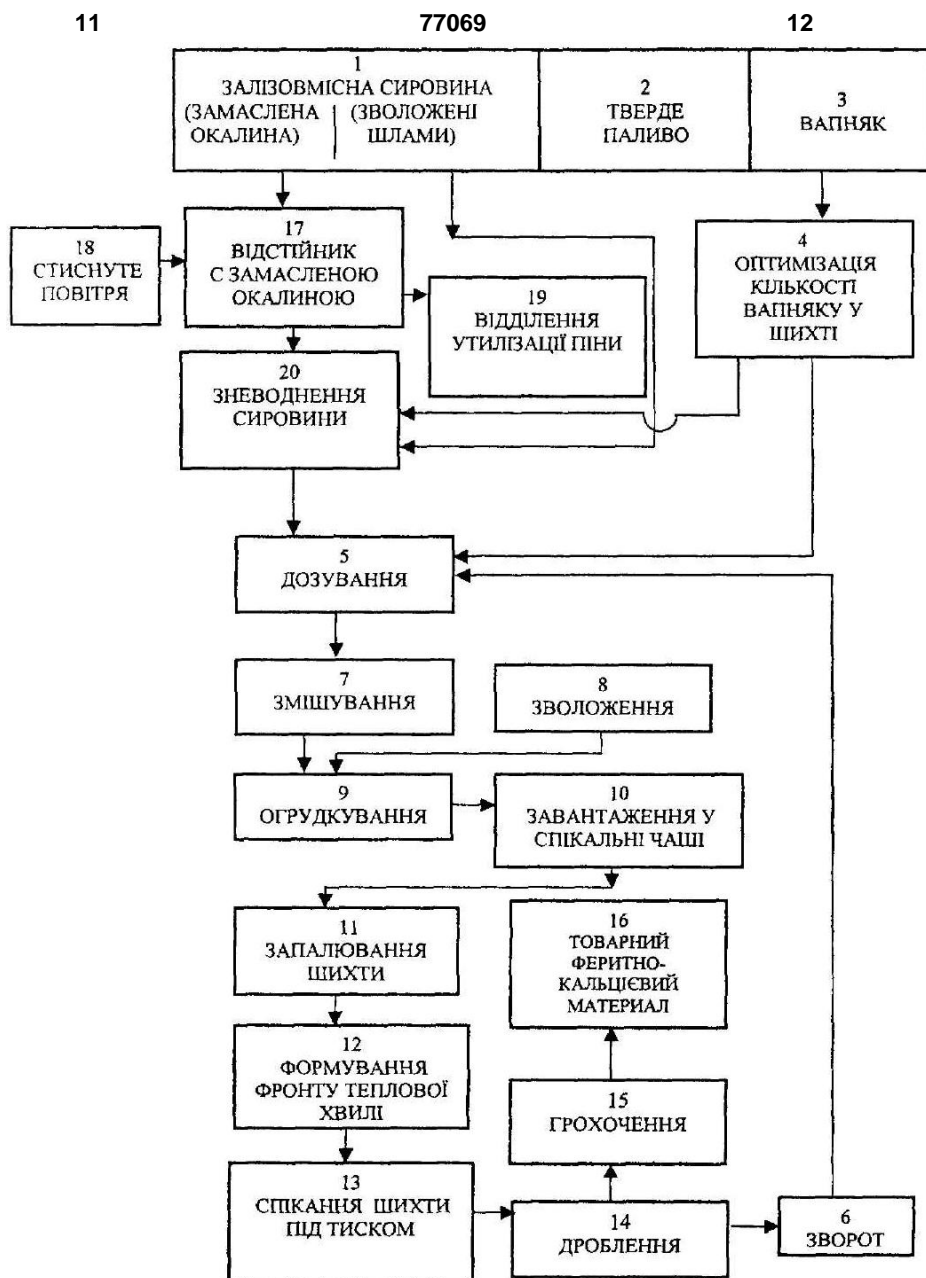
1. В.И. Коротич «Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке», М, Металлургия, 1978, 143с.

2. А.С. СРСР №600375, опубл. 30.03.78р. БВ №12.

3. З. Худякова Т.Ю. К вопросу получения сыпучих гомогенных материалов из шламов металлургического комплекса. // Проблемы экологии и экологической безопасности. Сб. научных статей молодых ученых. Липецк: 1983, с.70-73.



Фиг. 1



Фіг. 2