



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **85653** (13) **C2**  
(51) **МПК (2009)**  
**C22B 1/00**  
**C22B 1/24 (2008.01)**  
**C22B 1/14**  
**C22B 1/242 (2008.01)**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ЗАЛІЗОФЛЮСУ

1

(21) а200804269

(22) 04.04.2008

(24) 10.02.2009

(46) 10.02.2009, Бюл.№ 3, 2009 р.

(72) ОЖОГІН ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
UA, ТОМАШ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ, UA,  
СЄБКО ЛЕОНІД ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, НІКОШ  
ІЛЛЯ АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, МАНАХОВ МИХАЙЛО  
ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA, ЛОБАС ОЛЕКСАНДР МИ-  
ХАЙЛОВИЧ, UA, ЧЕЛЯДИН ОЛЕКСАНДР МИХАЙ-  
ЛОВИЧ, UA, ЧЕРНОВА СВІТЛАНА ГЕННАДІЇВНА,  
UA, ГУБКО ДМИТРО ІГОРОВИЧ, UA

(73) ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ, UA, ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕ-  
НОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "АЗОВ-ІНЖЕНІРІНГ",  
UA

(56) UA, 75154, C2, 15.03.2006

UA, 76684, C2, 15.08.2006

SU, 1701666, A1, 30.12.1991

RU, 2031153, C1, 20.03.1995

JP, 62174334, A, 31.07.1987

JP, 01162729, A, 27.06.1989

2

GB, 759145, 06.03.1953

Полушкин М. Е., Алехин А. А., Некреров В. Д.,  
Юсупов Р. Б., Лекин В. П. Результаты опытов по  
производству ожелезненной извести на агломера-  
ционных машинах // Сталь. - 1997. - № 11. - С. 5-7  
Хайдуков В. П., Сергеев А. Г., Климашин П. С.,  
Трубников А. А., Дежемесов А. А. Промышленный  
опыт получения ожелезненной извести во  
вращающихся печах // Сталь. - 1985. - № 7. - С.  
~~257~~ Спосіб одержання залізофлюсу, що включає  
змішування флюсуючого компоненту, обзалізню-  
вача та сполучного в заданих співвідношеннях,  
брикетування і сушіння, який **відрізняється** тим,  
що як флюсуючий компонент використовують  
крейдову крихту фракції менше 3 мм у кількості 70-  
90 мас. %, як обзалізнювач – дроблену залізовміс-  
ну стружку або окалину в кількості 10-30 мас. %, а  
як сполучне, що додатково утворює рідкі фази у  
матеріалі, що брикетують, вводять 3-7 мас. % рід-  
кого скла, та додатково проводять випал при 1100-  
1300°C.

Винахід відноситься до металургії і може бути  
застосований для одержання залізофлюсу, який  
використовується в металургійному виробництві.

Відомий спосіб одержання залізофлюсу у виді  
обзалізненого вапна на агло-машинах, що включає  
дроблення природного вапняку до фракції менш  
15мм, змішування з обзалізнювачем у кількості  
3,9-5,3% і паливом - коксиком у кількості 13,0%,  
укладання на аглострічку і спікання. У якості кра-  
щого обзалізнювача використаний крупний аглош-  
лам, тому що тонкий матеріал виносить із шару.  
[Полушкин М.Е., Алехин А.А., Некеров В.Д. и др.  
Результаты опытов по производству оже-  
лезненной извести на агломерационных машинах.  
// Сталь. - 1997. - №11. - С. 5-7.]

Даний спосіб досить продуктивний, однак не  
дозволяє одержувати флюс зі здрібнених матеріа-

лів, тому що при спіканні на аглострічці має місце  
значний винос дрібних фракцій унаслідок руху  
газів, що просмоктуються, через шар залізофлюсу,  
що спікається.

Крім того, недостатня кількість обзалізнювача  
(3,9-5,3%), відносно великий розмір природного  
вапняку (-15мм), і невелика тривалість спікання  
(13,5хв.) не дозволяють одержати досить однорід-  
ний матеріал. Наявність усередині гранул залізо-  
флюсу «біляків», тобто вільного, не зв'язаного  
окислами заліза вапна, приводить до їхнього руй-  
нування при збереженні. У багатьох випадках  
флюс містить підвищену кількість дріб'язку, що  
знижує ефективність його використання.

Відомий спосіб одержання залізофлюсу у виді  
обзалізненого вапна в обертових печах сухим спо-  
собом. Тверді карбонатні породи (вапняки) дроб-

(13) **C2**(11) **85653**(19) **UA**

лять до необхідної фракції і направляють в обортову піч для випалу. Туди ж подають обзалізнювач, що при обертанні печі накопчується на поверхню матеріалу, що випалюється. [Хайдуков В.П., Сергеев А.Г., Климишин П.С. и др. Промышленный опыт получения ожелезнённой извести во вращающихся печах. // Сталь. - 1985. - №7. - С. 25-27.].

Спосіб досить продуктивний, однак не дозволяє ефективно одержувати флюс зі здрібнених матеріалів, тому що в обортовій печі має місце значний струм газів, що супроводжується великим виносом дрібних фракцій.

До того ж унаслідок різного фракційного складу і питомої ваги вапняку і залізистої добавки відбувається їхня сегрегація при випалі, що приводить до значних коливань змісту заліза в продукті. Нерідко в печі відбувається утворення кільцевих настилів, що приводить до нестабільної її роботи. Наявність усередині гранул залізофлюсу вільного вапна, приводить до їхнього руйнування при збереженні.

Найбільш близьким до винаходу відомим способом, прототипом, є спосіб одержання з металургійних відходів комплексного флюсу для металургійного виробництва, що включає оксиди заліза в кількості 31,0-58,2%, гідрооксиди кальцію 21,9-45,4%, глинозем 2,7-5,1%, вуглець і інші домішки - інше, котрі змішують у заданих співвідношеннях, брикетують під тиском 50-90 МПа і сушать у природних умовах або при 250°C. [Патент України №75154, кл. C21C7/04, C21B3/00, C22B1/00 і ін. Комплексний флюс для металургійного виробництва. / Ожогін В.В., Носков В.О., Томаш О.А. і ін. Опубл. 15.03.2006. Бюл. №3.].

Відомий спосіб не дозволяє цілком вирішити задачу» що постає перед винаходом, оскільки у флюсі утримується до 5,1% глинозему, що забезпечує брикетам необхідну міцність, але не завжди є бажаним компонентом плавки. До того ж відсутність високотемпературної обробки залізофлюсу при його нагріванні може приводити до виділення парів води, що знаходяться у виді гідратної вологи, не бажаної при протіканні інтенсивних, скороминучих, наприклад, конвертерних процесів. Для високотемпературної обробки залізофлюсу і переведення його в розплавлений стан потрібна значна кількість тепла і часу, що не завжди мають у достатній кількості в сталеплавильному агрегаті.

В основу винаходу поставлена задача розробки такого способу одержання залізофлюсу, у якому за рахунок застосування нових вихідних компонентів і умов обробки забезпечується його висока міцність, розчинність і задовільна стійкість при його збереженні у вологих середовищах.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі одержання залізофлюсу, що включає змішування компонентів у заданих співвідношеннях, брикетування і сушіння, відповідно до винаходу в якості компоненту, що флюсує, використовують крейдову крихту фракції менш 3 мм у кількості 70-90%, у якості обзалізнювача - дроблену залізовмісну стружку або окалину в кількості 10-30%, у якості сполучного і додаткового утворювача рідких фаз у матеріал, що брикетується, вводять 3-7%

рідкого скла (понад 100%), а випал ведуть при 1100-1300°C.

Необхідність використання зазначених компонентів полягає в наступному.

В якості флюсуючого компоненту прийнятий розповсюджений і дешевий матеріал, що вимагає утилізації - крейдова крихта, що має кістякову структуру високої пористості 45-50%, яка при нагріванні активно поглинає закисно-залізисті компоненти з утворенням комплексних з'єднань, зокрема, олівінів.

У якості обзалізнювача прийнята дроблена залізовмісна стружка, що утворює при нагріванні в окисній атмосфері випалювальної печі, що містить CO<sub>2</sub> велику кількість закису заліза або окалина» що також містить велику кількість закису заліза. Ці матеріали також відносяться до класу відходів і вимагають утилізації.

Механізм утворення залізофлюсу з брикетованої крейдової крихти і залізної стружки або окалини полягає в наступному.

Активний процес випалу вапна здійснюється при температурі 950-1150°C. Максимальні властивості, що флюсують, має вапно, обпалене при 1100°C. При цьому має місце виділення значних кількостей вуглекислого газу CO<sub>2</sub>, що є гарним окислювачем.

Залізна стружка, яка окислюється вуглекислим газом, переходить у закис заліза FeO, яка під дією капілярних сил активно поглинається високорозвиненою поверхнею крейди.

У чистому виді закис заліза має досить високу температуру плавлення 1370°C (температура плавлення CaO - більш 2370°C), однак наявність у брикеті інших окислів, у т.ч. кремнезему, приводить до утворення менш тугоплавких сполук».

Зокрема, наявність у залізофлюсі двооксиду кремнію SiO<sub>2</sub> приводить до утворення деякої кількості валняно-залізистих олівінів типу (CaO)<sub>x</sub>(FeO)<sub>2-x</sub>SiO<sub>2</sub>, і інших з'єднань, що мають невисокі температури плавлення (1014-1150-1250°C). Ця умова досягається тим, що у вапні утримується до 2% SiO<sub>2</sub>, а також додатково вноситься з натрієвим рідким склом, що має формулу Na<sub>2</sub>O·nSiO<sub>2</sub> і виготовлене за ДСТ 13078-81, більш кращим для використання в якості сполучного, оскільки не містить більш активного Ca<sub>2</sub>O і має меншу вартість у порівнянні з ним.

Гарне усереднення компонентів, тісний контакт часток, що забезпечується пресуванням, сприяє кращому утворенню сполук.

Окалина містить значну кількість FeO, а також Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, що у присутності SiO<sub>2</sub> приводить до появи фаяліту з низькою температурою плавлення 1205°C, а також розчинів магнетиту у фаяліті, що мають температуру плавлення 1142-1150°C. Тому використання окалини також сприяє активному утворенню залізофлюсу.

Виробництво залізофлюсу повинне вироблятися з урахуванням таких умов.

1. Механічна міцність брикетів повинна забезпечувати їхню ефективну обробку в тому або іншому агрегаті. Для випалу брикетів у більшості типів випалювальних печей найбільш важливим показником є ударна міцність, що для брикетів

звичайно визначається по виходу фракції +5мм у відсотках після 5-кратного скидання з висоти 2м на сталеву плиту.

Для випалу брикетів в обертовій печі є достатньою ударна міцність, тобто міцність на скидання після п'ятикратного падіння з висоти 2м 95-97%. У цьому випадку стиранність брикетів складає 3-5%, що припустимо.

Для випалу брикетів у шахтній печі їхня міцність на роздавлювання повинна складати 15-17МПа. Для випалу брикетів у тунельній печі їхня міцність на роздавлювання може бути меншою і складати 10МПа.

2. Якість залізофлюсу визначається його складом і стійкістю до розпаду. Залізовмісна частина залізофлюсу знижує температуру його плавлення і прискорює його розчинення. Однак збільшення залізовмісної частини приводить до відповідного зниження кількості частини, що флюсує. Надлишкова кількість флюсу у виді вільного вапна приводить до його швидкого руйнування при збереженні на відкритому повітрі, що вимагає вживання спеціальних заходів по організації його збереження.

Залізофлюс може вважатися задовільним, якщо при збереженні протягом 7 діб на відкритому

повітрі при вологості 100% гідратація вапна не відбувається, а утворення фракції менш 5мм не перевищує 5%. Це має місце в тому випадку, якщо в залізофлюсі відсутнє вільне вапно, а СаО знаходиться у виді сполук. Ці умови дозволяють створювати необхідний запас залізофлюсу для організації безперервної роботи агрегатів.

Для підтвердження істотності обраних ознак виконане дослідження їхнього впливу на технічний результат у виробничих умовах.

Розмір брикетів, обраний відповідним вимогам, які пропонувані до сталеплавильних флюсів. Брикети циліндричної форми діаметром 30мм і висотою 18мм пресували на механічному пресі с закритими чарунками.

Оптимальний тиск пресування прийнятий на рівні 50МПа, що забезпечує високу продуктивність промислових вальцових пресів, що розвивають тиск 50-90МПа. Сушіння брикетів здійснювали при температурі 250-300°C протягом 0,5год., що забезпечує високу продуктивність і незалежність процесу від погодних умов.

Фракційний склад і зміст шкідливих домішок зазначених матеріалів представлений у табл.1 і 2.

Таблиця 1

Фракційний склад вихідної сировини, %

Матеріал	Фракція, мм						Разом
	> 30	30-10	10-5	5-3	3-1	< 1	
1. Крейдова крихта	13-15	15-16	12-13	10	28-29	19-20	100
2. Стружка залізовмісна	-	-	10,5	83,1	3,5	2,9	100
3. Окалина	-	0,5	2,5	12,5	56,8	27,7	100
4. Рідке скло	-	-	-	-	-	100,0	100

Таблиця 2

Хімічний склад сировини і матеріалів, використовуваних для виготовлення залізофлюсових брикетів

Найменування матеріалу	Хімічний склад, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	в.п.п.
1. Крейдова крихта	< 1,81	н. від.	-	0,25	53,30	1,20	0,06	-	>43,0
2. Стружка залізна*	-	-	0,23	2,57	-	-	0,02	0,01	0,2
3. Окалина	2,01	0,53	57,44	36,17	1,66	0,31	0,04	0,02	-
4. Рідке скло	30,2	0,25	-	-	0,24	-	0,06	-	55,9

Примітка до табл. 2. Зміст заліза у виді металу в залізній стружці складає 95%.

Визначальними для одержання якісного залізофлюсу на основі крейдової крихти є механічна міцність вихідних брикетів, яких піддають температурної обробці, і його стійкість у вологому середовищі. Механічна міцність вихідних брикетів за ін-

ших рівних умов визначається наявністю сполучного.

Для визначення залежності міцності брикетів від змісту сполучного виконані дослідження, результати яких представлені в табл.3, де виділені значення є граничними.

Таблиця 3

Залежність міцностних характеристик брикетів, підготовлених до випалу, від добавок рідкого скла

Показник	Од. вим.	Кількість рідкого скла, %					
		0	2,5	3,0	5,0	7,0	7,5
1. Міцність на скидання	%	0	90,7	95,0	96,3	97,0	97,2
2. Міцність на роздавлювання	МПа	0,2	13,3	15,0	16,4	17,0	17,2

Оптимальні кількості добавок рідкого скла, що забезпечують задану міцність, визначені в табл. 4, складеної за даними табл. 3.

Верхній фракційний склад крейдової крихти встановлюють на рівні 3мм, що виключає появу «біляків». Необхідність її подрібнення до зазначеної фракції порозумівається тим, що при виробництві залізофлюсу рідкої фази, що включають оксиди заліза, проникають у частки вапна на глибину 3-12 мм. [Кобелев В.А., Школьник Я.Ш., Потанин В.Н. и

др. Освоение технологии производства комплексных флюсов. // Сталь. -2001. - №2. - С. 19-20.]. До того ж дрібний розмір гранул забезпечує більш однорідний склад шихти, що скорочує тривалість обробки матеріалу.

Однорідність залізофлюсу і його стійкість при збереженні забезпечується також відповідною температурою випалу і кількістю обзалізювача. Для підтвердження цих умов виконані дослідження, результати якого представлені в табл. 5.

Таблиця 4

Вплив добавок рідкого скла на міцність брикетів

Кількість добавок рідкого скла, %		
Менш 3	від 3 до 7	більш 7
1. Ударна міцність підготовлених до випалу брикетів складає менш 95,0%, що менше припустимого для їхньої обробки в обертових печах.	1. Ударна міцність підготовлених до випалу брикетів складає 95,0-97,0%, що досить для їхньої обробки в обертових печах.	1. Ударна міцність підготовлених до випалу брикетів складає більш 97,0%, що перевищує припустиму для їхньої обробки в обертових печах.
2. Міцність на роздавлювання підготовлених до випалу брикетів складає менш 15,0МПа, що менше припустимого для їхньої обробки в шахтних печах.	2. Міцність на роздавлювання підготовлених до випалу брикетів складає 15-17МПа, що досить для їхньої обробки в шахтних печах.	2. Міцність на роздавлювання підготовлених до випалу брикетів складає більш 17,0МПа, що перевищує припустиму для їхньої обробки в шахтних печах.
Висновок. Брикети не придатні до випалу по механічній міцності.	Висновок. Брикети придатні до випалу в печах будь-якого типу.	3. Зайва витрата рідкого скла приводить до необґрунтованого подорожчання залізофлюсу і підвищеному змістові шкідливих домішок, внесених з рідким склом. Висновок. Брикети не придатні до використання.

Таблиця 5

Стійкість залізофлюсів різних складів, які отримані при різних температурах випалу, діб

Марка залізофлюсу	Температура випалу, °С				
	1050	1100	1200	1300	1350
9СЖ 3ЖС	2,5	4,5	4,5	5	5,5
9СЖ 7ЖС	3	5	5,5	6	6,5
10СЖ 3ЖС	4	8	більш 30	більш 30	більш 30
30СЖ 3ЖС	6	12	те ж	те ж	те ж
10СЖ 7ЖС	5	14	"-	"-	"-
10СЖ 7ЖС	6	18	"-	"-	"-
31СЖ 7ЖС	6	18	"-	"-	"-
31СЖ 7ЖС	6,5	19	"-	"-	"-
9ОК 3ЖС	2	3,5	4	4	4,5
9ОК 7ЖС	2,5	4,5	5	5,5	5,5
10ОК 3ЖС	3	7,5	15	17	20
30ОК 3ЖС	4	10	більш 30	більш 30	більш 30
10ОК 7ЖС	3	12	те ж	те ж	те ж

Продовження таблиці 5

30OK 7ЖС	5	16	-"	-"	-"
31OK 3ЖС	5,5	17	-"	-"	-"
31OK 7ЖС	5,5	17,5	-"	-"	-"

Позначення в таблиці: СЖ - стружка залізовмісна; ОК - окалина; ЖС - рідке скло; цифри перед аббревіатурою позначають зміст компонентів у суміші, %.

Оптимальні температури випалу і склади, що відповідають якісним залізофлюсам, визначені в табл. 5, 6 і 7.

Таблиця 6

Вплив температури випалу на тривалість збереження залізофлюсів

Температура випалу, °С		
менш 1100	від 1100 до 1300	більш 1300
1. Вапно випалюється, але залізофлюс погано утворюється через недостатню кількість рідких фаз. 2. Наявність «біляків» приводить до їхньої гідратації і швидкого руйнування залізофлюсу менш, ніж за 7 діб. Ціль винаходу не досягається.	1. Залізофлюс активно формується внаслідок утворення значної кількості рідких фаз. 2. Включення вапна у виді «біляків» в основному відсутні, тривалість збереження залізофлюсу складає 7,5 діб і більш, що перевищує задані 7 діб. Ціль винаходу досягнута.	1. Незважаючи на те, що залізофлюс утворюється дуже активно, має місце розм'якшення брикетів, що приводить до їх налипання на стінки випалювального пристрою. 2. Має місце висока витрата обзалізнювача, енергоресурсів і футерівки. Ціль винаходу не досягається.

Таблиця 7

Вплив обзалізнювача на тривалість збереження залізо флюсів

Кількість обзалізнювача, %		
менш 10	від 10 до 30	більш 30
1. Залізофлюс утворюється незадовільно через недостатню кількість рідких фаз. 2. Наявність «біляків» приводить до їхньої гідратації і швидкого руйнування менш, ніж за 7 діб. Ціль винаходу не досягається.	1. Залізофлюс активно формується внаслідок утворення значної кількості рідких фаз. 2. Включення вапна у виді «біляків» практично відсутні, тривалість збереження залізофлюса складає 7,5 діб і більш, що перевищує задані 7 діб. Ціль винаходу досягнута.	1. Залізофлюс утвориться дуже активно, однак має місце надлишок обзалізнювача, що приводить до налипанню брикетів до стінок випалювального пристрою. 2. Має місце висока витрата обзалізнювача, енергоресурсів і футерівки. Кількість флюсуючих знижена. Ціль винаходу не досягнута.

З табл. 5, 6 випливає, що зниження змісту оксидів заліза нижче 10% буде приводити до появи «біляків» і, унаслідок цього, до зменшення тривалості збереження залізофлюсу, а при перевищенні рівня 30% має місце зниження його властивостей, що флюсують, через зниження змісту вапна, а також утворенню настилів на стінках випалювальних печей, що приводить до їх зупинки.

Таким чином, якісний залізофлюс одержують при дотриманні наступних умов. Брикетування ведуть під тиском 50-90 МПа, сушіння здійснюють у печі при температурі 250-350 °С, випал при 1100-1300 °С. Зміст залізовмісних компонентів 10-30%, компонентів що флюсують - 90-70%. Зміст рідкого скла складає 3-7%.

Процес одержання залізофлюсу, що відповідає даному способу, полягає в наступному.

Крейдову крихту витягають з відвалів, при необхідності для запобігання залипанню розсіючого і здрибнюючого устаткування досушують на відкритій площадці до 6% вологості і подрібнюють до фракції менш 5 мм. Для підвищення продуктивності дробарок фракцію менш 5 мм попередньо відсівають, а фракцію більш 5 мм подрібнюють до фракції менш 5 мм і повертають у процес.

Далі крейдову крихту змішують зі сполучним, доводять до вологості 14% і пресують під тиском 50 МПа. Отримані брикети в залежності від обраного способу зміцнення сушать на відкритій площадці при 20 °С протягом 7 діб або в печі при 350 °С протягом 0,5 год.

Висушені брикети направляють в обертову, шахтну або кільцеву піч і обпалюють при температурі 1100-1300 °С до одержання вапна й утворення залізофлюсу.

Економія  $\mathcal{E}$  у споживача від застосування залізофлюсу, який одержують по пропонованому способі, складає:

$$\mathcal{E} = [310 \cdot 0,038 - 380 \cdot 0,032 + 80 \cdot 0,017 + 1170 \cdot 0,017 \cdot 0,10] : 0,032 = 92,8 \text{ грн/т залізофлюсу,}$$

де 310 - розрахункова вартість залізофлюсу в базовому варіанті, грн/т;

380 - розрахункова вартість залізофлюсу в пропонованому варіанті, грн/т;

0,038 - коефіцієнт витрати залізофлюсу на виробництво стали у базовому варіанті, т/т;

0,032 - коефіцієнт витрати залізофлюсу на виробництво стали у пропонованому варіанті, т/т;

80 - умовно-постійні витрати в собівартості стали, грн/т;

0,017 - скорочення тривалості циклу плавки в конвертері, або 1,7%, д. од.;

1170 - собівартість 1т стали, грн/т;

0,10 - розрахункова рентабельність у виробництві стали, або 10%, д. од.