



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26602 (13) C1
(51) C 22 C 33/04ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ СИЛІКОКАЛЬЦІЮ

1

2

(21) 98126768

(22) 22.12.98

(24) 11.10.99

(46) 11.10.99. Бюл. № 6

(56) Авторське свідоцтво СРСР
№ 865951, кл. С 22 С 33/04, опубл.
25.01.80 (прототип).(72) Рябчиков Іван Васильович (RU), По-
тошин Станіслав Анатолійович, Тізенберг
Дмитрій Леонідович

(73) Тізенберг Дмитрій Леонідович

(57) 1. Спосіб одержання силікокальцію,
який включає завантажування до
електропечі шихти, що містить кремнієв-
місний компонент, плавиковий шпат, об-
палене вапно, магнієвмісний компонент

та алюміній, нагрівання та проплавлюван-
ня шихти і випуск металу та шлаку, який
відрізняється тим, що у шихту
додатково вводять оксид заліза при спів-
відношенні кількості оксиду заліза до кіль-
кості алюмінію 0,1–0,4, як кремнієвмісний
компонент використовують кремній крис-
талічний, а як магнієвмісний компонент –
доломіт, при цьому електропеч перед за-
вантажуванням шихти нагрівають до
температури 1420–1470°C, а співвідношен-
ня кількості оксиду кальцію до кількості
кремнію становить 1,45–1,55.

2. Спосіб по п.1, який відрізня-
ється тим, що нагрівання та проплав-
лювання шихти здійснюють у інертній
атмосфері.

Винахід відноситься до металургії та
може бути використаний при виробництві
сплавів з кальцієм для розкислювання сталі
і модифікування чавуну.

Найбільш близьким до технічної суті
та досягаемому результату до винаходу,
що пропонується, є спосіб одержання си-
лікокальцію (Авт.св.СРСР № 865951, опуб-
лік. 23.08.81, кл. С 22 С 33/04), який
включає завантажування до електропечі
шихти, що містить кремнієвмісний компо-
нент, плавиковий шпат, обпалене вапно,
магнієвмісний компонент та алюміній,
нагрів та проплавлювання шихти і випуск
металу та шлаку.

У відомому способі як кремнієвмісний
компонент використовують феросиліцій, а
як магнієвмісний компонент – магnezит.

Спосіб здійснюють у дві стадії. На першій
стадії в електропечі проплавляють шихту,
яка містить вапно, феросиліцій та плавик-
овий шпат. Одержаний метал випускають,
а на шлак, який залишився у електропечі,
завантажують та проплавляють другу час-
тину шихти, при цьому вводять додатково
суміш магnezиту з алюмінієм. На першій
стадії співвідношення кількості оксиду каль-
цію до кількості кремнію відновлювача
підтримують у межах 1,3–2,6, а на другій
стадії – 0,1–0,95. Після повного проплав-
лення шлак і метал випускають із печі.

У відомому способі не забезпечується
достатня активність протікання відновних
процесів, майже відсутні умови для проход-
ження екзотермічних реакцій, що обумов-
лює низький ступінь здобування таких еле-

(19) UA (11) 26602 (13) C1

ментів, як кальцій та алюміній, та високі питомі витрати електроенергії.

Це пояснюється тим, що при одержанні силікокальцію відомим способом не досягається оптимальне співвідношення кількості оксиду кальцію та кількості відновлювачів як на першій, так і на другій стадіях процесу. При середньому значенні співвідношення кількості оксиду кальцію до кількості кремнію відновлювача 2,0 на першій стадії багато кальцію у вигляді оксиду переходить у шлак, тому що у шихті недостатньо кремнію для забезпечення високого ступеню здобування кальцію. Крім того, феросиліцій, який використовують як кремнієвмісний компонент, має низьку активність, реакції протікають без екзотермічного ефекту, який міг би активізувати компоненти шихти. Шлак, який утворюється на першій стадії процесу, має високу в'язкість, що приводить до вмісту у ньому великої кількості кальцію. Силікокальцій, який одержують на першій стадії, має низький вміст кальцію. На другій стадії, навпаки, уводять недостатню кількість кальцію, та надмірну – відновлювачів, у тому числі алюмінію (середнє значення співвідношення оксиду кальцію до кремнію відновлювача становить лише 0,52). У результаті цього силікокальцій, який одержують на другій стадії, також відрізняється низьким вмістом кальцію. Магnezит, який уводять на другій стадії, не сприяє значному підвищенню активності протікання відновних процесів, а лише зменшує в'язкість шлаку. Та, незважаючи на це, велика кількість металу залишається у шлаці у вигляді корольків. Крім того, контакт поверхні розплаву з киснем атмосфери приводить до вигорання частки металу.

Силікокальцій, який одержують відомим способом, має неадекватну якість, тому що феросиліцій одержують з використанням стружки різних сплавів і він має багато шкідливих домішок, таких як фосфор, сірка та кольорові метали: мідь, свинець, олово та інші, які забруднюють кінцевий продукт. Таким чином, відомий спосіб одержання силікокальцію є технічно та економічно недоцільним і потребує високих витрат електроенергії на одиницю придатного продукту.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу одержання силікокальцію, у якому шляхом введення нових операцій та режимів їх виконання, а також використання нових компонентів та введення компонентів у нових співвідношеннях забезпечується висока активність

протікання відновних процесів, проходження реакцій з екзотермічним ефектом, за рахунок чого підвищується ступінь здобування кальцію та алюмінію та знижуються питомі витрати електроенергії.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі одержання силікокальцію, який включає завантажування до електропечі шихти, що містить кремнієвмісний компонент, плавиковий шпат, обпалене вапно, магнієвмісний компонент та алюміній, нагрів та проплавлення шихти і випуск металу та шлаку, відповідно до винаходу, новим є те, що у шихту додатково уводять оксид заліза при співвідношенні кількості оксиду заліза до кількості алюмінію 0,1–0,4, як кремнієвмісний компонент використовують кремній кристалічний, а як магнієвмісний компонент – доломіт, при цьому електропеч перед завантажуванням шихти нагрівають до температури 1420–1470°C, а співвідношення кількості оксиду кальцію до кількості кремнію становить 1,45–1,55.

Новим є також те, що нагрів та проплавлення шихти здійснюють у інертній атмосфері.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю суттєвих ознак винаходу, що заявляється, та технічним результатом, що досягається, полягає у тому, що введення нових операцій та режимів їх виконання, а також використання нових компонентів та введення компонентів у нових співвідношеннях, а саме:

- додаткове введення у шихту оксиду заліза;

- установлення співвідношення кількості оксиду заліза до кількості алюмінію 0,1–0,4;

- використання як кремнієвмісного компоненту кремнію кристалічного;

- використання як магнієвмісного компоненту доломіту;

- нагрів електропечі перед завантажуванням шихти до температури 1420–1470°C;

- установлення співвідношення кількості оксиду кальцію до кількості кремнію у межах 1,45–1,55,

у сукупності з відомими ознаками забезпечують високу активність протікання відновних процесів, проходження реакцій з екзотермічним ефектом, за рахунок чого підвищується ступінь здобування кальцію та алюмінію і знижуються питомі витрати електроенергії.

Технічний результат досягається також за рахунок того, що нагрів та проплавлення шихти здійснюють у інертній атмосфері.

Висока активність протікання відновних процесів зумовлена тим, що до печі завантажують шихту, яка містить такі високоактивні компоненти, як оксид заліза, кремній кристалічний та доломіт. При введенні цих компонентів одночасно з обпаленим вапном, алюмінієм та плавиковим шпатом до попередньо нагрітої до температури 1420–1470°C електропечі вони за дуже короткий час набувають високої активності. При цій температурі, яка вища за температуру плавлення кремнію, відбувається швидке проплавлення шихти. Розплав набуває високої активності завдяки тому, що сильні окислювачі, якими є оксид заліза та доломіт, легко віддають кисень. При цьому виникають реакції окислення алюмінію та розчинення кремнію, які протікають з високим екзотермічним ефектом, за рахунок якого підвищується швидкість подальшого нагріву розплаву. Відбувається активне відновлення кальцію кремнієм та алюмінієм. Уведення алюмінію та доломіту водночас з іншими компонентами шихти сприяє утворенню шлаку з низькою в'язкістю, що зумовлює високий ступінь здобування кальцію. Одержаний силікокальцій є високочистим продуктом, тому що кремній кристалічний, який використовують як кремнієвмісний компонент, майже не містить шкідливих домішок.

Дуже важливим є те, що між компонентами шихти додержують заявлених співвідношень. Якщо ці співвідношення будуть порушені, то технічний результат не буде досягнений. Так, якщо співвідношення кількості оксиду заліза до кількості алюмінію буде менше, ніж 0,1, то активність протікання відновних реакцій буде недостатньою, тому що у розплаві буде мало кисню для протікання реакцій з екзотермічним ефектом. Якщо це співвідношення буде становити більше, ніж 0,4, шлак та сплав силікокальцію будуть мати у своєму складі зовелику кількість заліза, яке забруднить шлак, та знизить якість сплаву.

При співвідношенні кількості оксиду кальцію до кількості кремнію менше, ніж 1,45, зменшується вміст кальцію у готовому продукті – силікокальцію, тому що шихта містить недостатню кількість кремнієвмісних компонентів і надмірну – відновлювачів. Якщо це співвідношення буде становити більше, ніж 1,55, велика кількість кальцію перейде у шлак, де залишиться у вигляді оксидів і піде у відходи, тому що шихта містить недостатню кількість відновлювачів. У обох випадках силікокальцій буде мати низький вміст кальцію.

Те, що інтервал температури нагріву електропечі обрано у межах 1420–1470°C разом із додатково уведеними компонентами шихти, забезпечує часткове окислення розплавленого алюмінію та утворення спеченої шихти, званого спіку.

Тривалість цього процесу мала. Впродовж короткого часу – лише кілька секунд, при температурі, що заявляється, кремній залишається ще у твердому стані. Це запобігає його окисненню. Утворення "спіку" у шихті різко підвищує її теплопровідність, прискорює передачу тепла від електропечі до шихти та плавлення кремнію.

Розплавлений кремній інтенсивно відновлює кальцій, що призводить до прискорення проплавлення шихти та розподілення розплаву на металеву і шлакову фази.

Таким чином, температурний інтервал, що заявляється, разом з іншими суттєвими ознаками винаходу забезпечує досягнення технічного результату, а саме – підвищення активності протікання відновних процесів, за рахунок чого підвищується ступінь здобування кальцію та алюмінію та знижуються питомі витрати електроенергії.

Якщо шихту уводитимуть до електропечі, нагрітої до температури, яка відрізняється від тієї, що заявляється, технічний результат досягнений не буде. Якщо температура електропечі становитиме менш, ніж 1420°C, тобто менше температури плавлення кремнію, активність кремнію та інших компонентів буде низькою доти, доки не проплавиться шихта. Реакції протікатимуть уповільнено і високого екзотермічного ефекту досягнуто не буде. Крім того, у верхній частині електропечі утвориться спечена шихта, яка буде гальмувати схід шихти у процесі її проплавлення. Це збільшить тривалість проплавлення кремнію та знизить швидкість процесу одержання силікокальцію, що приведе до підвищення витрат електроенергії. Якщо шихту уводити до електропечі, нагрітої більше, ніж до температури 1470°C, буде інтенсивно випаровуватися магній, що приведе до підвищення в'язкості шлаку, а далі – до зниження здобування кальцію та алюмінію. Знизиться вихід придатного продукту, а, отже, зростуть питомі витрати електроенергії.

Досягненню технічного результату сприяє і те, що нагрів та проплавлення шихти здійснюють у інертній атмосфері. Інертна атмосфера захищає розплав від

окислення, завдяки чому зменшується вигорання компонентів шихти, насамперед магнію, при підвищеному вигоранні якого підвищується в'язкість шлаку, що зумовлює зниження здобування кальцію та збільшення питомих витрат електроенергії. При окисленні знижується активність кремнію, а, відповідно, і здобування кальцію.

Спосіб за винаходом здійснюють таким чином.

Індукційну піч нагрівають до температури 1420–1470°C і до неї завантажують шихту, яка містить кремній кристалічний, вапно обпалене, плавиковий шпат, алюміній, доломіт та оксид заліза.

При приготуванні шихти витримують співвідношення кількості оксиду заліза до кількості алюмінію 0,1–0,4, а кількості оксиду кальцію до кількості кремнію у межах 1,45–1,55.

Після завантаження шихти до печі подають інертний газ, наприклад, аргон. Шихту нагрівають та проплавляють до температури 1520–1550°C, після чого здійснюють випуск металу та шлаку.

Способом за винаходом було здійснено в індукційній печі ІСТ 0.16 сім плавок. При проведенні цих плавок співвідношення між кількістю оксиду кальцію та кількістю кремнію, а також між кількістю оксиду заліза та кількістю алюмінію змінювали у межах співвідношень за винаходом. Перед завантаженням шихти піч попередньо нагрівали, а температуру нагріву змінювали при кожній плавці у тих межах, які пропонуються винаходом. Як оксид заліза до складу шихти вводили окалину, як алюміній – алюмінієву стружку. Одержували силікокальцій марки СК-30.

Для проведення порівняльних випробувань було проведено ще 4 плавки, при здійсненні двох з яких були порушені співвідношення між компонентами шихти, які заявляються (плавки № 8, 10). У плавках №№ 9, 11 шихту завантажували до печі, температура якої відрізнялась від тієї, що пропонується винаходом.

У сплавах одержаного силікокальцію визначали вміст кальцію та алюмінію і ступінь їх здобування. При проведенні проце-

су одержання силікокальцію визначали питоми витрати електроенергії на 1 кг кальцію.

Дані про співвідношення компонентів, про температуру печі, при якій шихту завантажували до неї, вміст кальцію і алюмінію у сплаві, ступінь здобування кальцію та алюмінію, а також значення питомих витрат електроенергії на 1 кг кальцію приведені у таблиці.

Із таблиці видно, що самий високий процент здобування у сплав кальцію та алюмінію при низьких питомих витратах електроенергії був при проведенні плавки № 2. Для проведення цієї плавки у піч, нагріту до температури 1450°C, завантажували шихту, яка містить, кг:

Кремній кристалічний	6,65
Вапно обпалене	10,0
Плавиковий шпат	1,0
Стружка алюмінієва	0,42
Доломіт	0,50
Окалина	0,10

Після проплавлювання до температури 1540°C було одержано 8 кг сплаву та 2 кг шлаку. Сплав мав такий хімічний склад, мас. %:

Кальцій	33,8
Залізо	0,9
Алюміній	1,9
Кремній	Решта

У решті плавок, при проведенні яких кількість оксиду заліза, алюмінію, кремнію кристалічного та загальної суми оксиду кальцію змінювали у відповідності до співвідношень, що пропонуються винаходом, ступінь здобування кальцію та алюмінію у сплавах, що були одержані по закінченні плавки № 1 та №№ 3–7, теж достатньо високий, а питоми витрати електроенергії низькі.

Значно нижчий ступінь здобування кальцію та алюмінію був у плавках №№ 8–11 та у плавці № 12, яку проводили способом, відомим із прототипу. Питомі витрати електроенергії на 1 кг кальцію були значно вищі.

Із таблиці видно, що при використанні способу одержання силікокальцію за винаходом економія електроенергії становить понад 15%.

№№ плавов	Співвідно- шення CaO:Si	Співвідно- шення Fe ₂ O ₃ :Al	Температура електропере- дачі перед завантажен- ням шихти	Вміст у сплавi, %		Здобування у сплав, %		Питомі витрати електроенергії кВт.ч/кг Ca
				Ca	Al	Ca	Al	
Спосіб за винаходом								
1	1,50	0,1	1420	36,7	2,8	41,0	52,3	5680
2	1,50	0,2	1450	33,8	1,9	41,4	35,7	5210
3	1,50	0,4	1470	31,5	0,8	37,8	26,0	5230
4	1,45	0,4	1420	30,8	1,1	38,5	22,8	5280
5	1,55	0,1	1470	33,8	2,6	40,6	52,8	5540
6	1,45	0,2	1420	32,6	2,1	37,0	31,0	5230
7	1,55	0,2	1450	32,9	2,0	37,6	30,1	5270
8	1,5	0,05	1450	31,2	3,8	38,3	59,0	5890
9	1,4	0,2	1400	27,9	2,3	34,5	32,5	6370
10	1,6	0,5	1450	26,4	0,2	30,5	2,8	6320
11	1,5	0,2	1500	31,3	2,6	31,7	36,0	6350
Спосіб за прототипом								
1 стадія	2,0	—	—	30,8	—	—	—	—
2 стадія	0,7	—	1520	22,4	—	36,0	18,7	6467

ю

26602

10

Упорядник	Техред М. Келемеш	Коректор О. Обручар
Замовлення 518	Тираж	Підписне
Державне патентне відомство України, 254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8		

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101