



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 75275

(13) C2

(51) МПК (2006)

C22B 4/00

C22C 21/02

C22B 21/00

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

(54) СПОСІБ ПІДГОТОВКИ БРИКЕТОВАНОЇ ШИХТИ ДЛЯ ВИПЛАВКИ АЛЮМІНІЄВО-КРЕМНІЄВОГО СПЛАВУ

1

(21) 20040806946

(22) 20.08.2004

(24) 15.03.2006

(46) 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006 р.

(72) Бережний Іван Архипович, Владиченко Олександр Григорович, Гавриленко Микола Павлович

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ЗАПОРІЗЬКИЙ ВИРОБНИЧИЙ АЛЮМІНІЄВИЙ КОМБІНАТ"

(56) SU 722972 A1, 25.03.1980

DE 2133417 A, 18.05.1972

UZ 5198 B, 28.06.2002

JP 56150141 A, 20.11.1981

US 4491472 A, 01.01.1985

2

US 4486229 A, 04.12.1984

US 4046558 A, 06.09.1977

(57) Спосіб підготовки брикетованої шихти для виплавки алюмінієво-кремнієвих сплавів, що включає підготовку шихтових матеріалів і брикетування шихти з вуглецевим відновником в стехіометричній кількості, необхідній для відновлення оксидів шихти до елементів, який відрізняється тим, що вуглецевий відновник змішують з часткою кремнезем-глиноземної сировини при відношенні маси вуглецю до маси оксидів шихти 0,5-0,6 і брикетують, решту кремнезем-глиноземної сировини також брикетують, після чого брикети обох складів змішують.

Винахід відноситься до металургії кольорових металів і стосується способу підготовки брикетованої шихти для виплавки в рудновідновлюючих електропечах алюмінієво-кремнієвих сплавів карботермічним відновленням оксидів алюмінію і кремнію до металів.

Техніко-економічні показники процесу виплавки алюмінієво-кремнієвих сплавів залежать не тільки від виду і загального співвідношення використаної сировини в брикетованій шихті, а і від розподілу сировини в брикетах.

Відомий "Спосіб виробництва алюмінієво-кремнієвих сплавів" (а.с. СРСР №1524507 кл. C22B4/06), відповідно до якого підготовку брикетів здійснюють при введенні 3-30% глиноземвміщуючого компонента в гранульованому вигляді з відношенням діаметра гранул до діаметра брикету рівним 0,03-0,12.

Відомий "Спосіб виробництва алюмінієво-кремнієвих сплавів" (а.с. СРСР №1649813 C22B4/06, C22C21/02) відрізняється тим, що перед змішуванням з вуглецевим відновлювачем крем-

незем-глиноземну сировину додатково комкують до крупності 0,1-15 мм.

Відомий "Спосіб підготовки шихти для одержання алюмінієво-кремнієвих сплавів карботермічним відновленням" (а.с. СРСР №1715872 C22B4/06 C22C1/2), відповідно до якого змішування піддають вуглецевий відновлювач і глинозем з відношенням вуглецю до вуглецевого відновлювача до глинозему 0,45-1,06, уводять кусковий кремнезем і/або окусковану кремнезем-глиноземну сировину до вмісту вуглецю в шихті 90-115% від стехіометричної кількості, необхідної для відновлення оксидів шихти до їх елементів.

Суттєвий недолік відомих способів виплавки алюмінієво-кремнієвих сплавів полягає в тому, що в процесі рудовідновлюючої плавки за рахунок утворення в брикетах легкоплавких систем, що вміщують карбід кремнію, оксикарбіди алюмінію і оксиди, частка шихти переходить в шлак, з яким утрачаються корисні компоненти (алюміній і кремній) і тому збільшуються витрати шихти і електроенергії на виробництво сплаву.

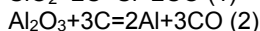
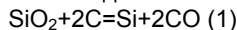
(13) C2

(11) 75275

(19) UA

У "Довіднику металурга по кольоровим металам. "Виробництво алюмінію" м. Москва. Видавництво металургія, 1971, с. 509-513" описаний спосіб підготовки брикетованої шихти для відновлюючої плавки в рудовідновлюючій електропечі, який впроваджений в промислового виробництва і визначений в якості прототипу. Відомий спосіб включає підготовку шихтових матеріалів, точне дозування і ретельне перемішування матеріалів, брикетування шихти і сушку брикетів. Брикетована шихта вміщує вуглець в кількості, що необхідна для відновлення оксидів рудного концентрату (кремнезем-глиноземної сировини) та золи вуглецевого відновлювача. Вміст вуглецю в брикетах складає 90-110% від стехіометрії для відновлення оксидів брикету до елементів.

В основі виплавки алюмінієво-кремнієвих сплавів із брикетованої суміші кремнезем-глиноземної сировини з вуглецевим відновлювачем лежить хімічна реакція відновлення оксидів кремнію і алюмінію вуглецем до елементів при нагріванні. Загальне рівняння хімічних реакцій відновлення кремнію і алюмінію із оксидів вуглецем мають вигляд:



По мірі нагрівання брикетів на колошнику електропечі в них проходять проміжні реакції взаємодії оксидів і вуглецю і утворення карбідів, оксикарбідів кремнію і алюмінію. Проміжні продукти відновлення з залишками оксидів, що по стехіометрії оксидів і вуглецю в брикетованій суміші не прореагували з вуглецем, утворюють легкоплавкі системи шлакової фази.

З шлаковою фазою, що містить проміжні продукти відновлення оксидів алюмінію і кремнію і їх оксиди, утрачаються ведучі елементи алюмінію і кремній, збільшуються витрати шихти і електроенергії на виплавку алюмінієво-кремнієвого сплаву і зменшується продуктивність електропечей.

Недолік способу прототипу полягає в тому, що на виплавку алюмінієво-кремнієвих сплавів йдуть високі питомі витрати електроенергії і шихти і звідси невисока продуктивність електропечі.

В основу винаходу поставлено задачу зменшення питомих витрат електроенергії і шихти на виплавку алюмінієво-кремнієвих сплавів і підвищення продуктивності електропечі.

Поставлена задача досягається тим, що в відомому способі прототипу підготовки брикетованої шихти для виплавки алюмінієво-кремнієвих сплавів, що включає підготовку шихтових матеріалів, точне дозування і ретельне перемішування матеріалів, брикетування шихти з вмістом вуглецю в стехіометричній кількості, необхідній для відновлення оксидів до їх елементів, змішують і брикетують масу вуглецевого відновлювача відомої шихти з часткою маси кремнезем-глиноземної сировини при відношенні маси вуглецю до маси оксидів 0,5-0,6 і брикетують решту маси кремнезем-глиноземної сировини відомої шихти, брикети обох складів змішують.

Запропонований спосіб підготовки брикетованої шихти для виплавки алюмінієво-кремнієвих сплавів суттєво відрізняється від прототипу тим, що із складу відомої шихти готують брикети не

одного складу, а готують брикети двох складів, які після виготовлення змішують і суміш брикетів завантажують на колошник електропечі для виплавки алюмінієво-кремнієвого сплаву.

Для здійснення запропонованого способу підготовки брикетованої шихти із складу відомої шихти вилучають всю масу вуглецевого відновлювача (кам'яне вугілля, нафтовий кокс і інші) і беруть частку кремнезем-глиноземної сировини (каолін, глинозем, дистенсиліманітовий концентрат, кварцовий пісок і інші), кількість якої забезпечує відношення вуглецю до оксидів рівним 0,5-0,6. Інгредієнти змішують і брикетують. Решту кремнезем-глиноземної сировини відомої шихти, що залишилася після витрат на виготовлення брикетів з вуглецем, також брикетують. Одержані брикети двох складів змішують і завантажують на колошник електропечі для виплавки алюмінієво-кремнієвого сплаву. Таким чином одержана суміш брикетів, що завантажують на колошник електропечі, по сумарному вмісту компонентів в брикетах обох складів відповідна складу відомої шихти.

Але завдяки тому, що в суміші брикетів, виготовлених запропонованим способом, в брикетах з вуглецевим відновлювачем підтримують відношення вуглецю і оксидів 0,5-0,6 хімізм взаємодії вуглецю і оксидів при нагріванні інший порівняно з брикетами прототипу.

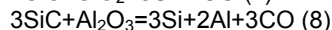
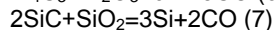
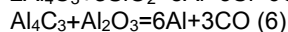
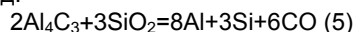
В брикетах, виготовлених за відомим способом, при нагріванні відновлення оксидів алюмінію і кремнію до елементів проходить за хімічними реакціями (1) і (2).

При нагріванні в брикетах, виготовлених за запропонованим способом з вмістом вуглецю і оксидів у відношенні 0,5-0,6 на першій стадії при температурі до 1900°C проходять реакції відновлення оксидів алюмінію і кремнію до карбідів відповідно до хімічних реакцій, рівняння яких має вигляд:



Утворені карбіди алюмінію і кремнію не мають достатніх контактів з поверхнями оксидів окремо збрикетованої кремнезем-глиноземної сировини, що зменшує долю утворення легкоплавких шлакових систем і за рахунок цього стає можливим знизити утрати алюмінію і кремнію і підняти продуктивність електропечі.

На другій стадії відновлення при досягненні утвореними за реакціями (3 і 4) карбідами і брикетами із кремнезем-глиноземної сировини при температурі вище ніж 1900°C проходять хімічні реакції відновлення алюмінію і кремнію із карбідів і оксидів до елементів. Реакції відновлення мають вигляд:



Хімічні реакції (5-8) проходять між твердими карбідами і газоподібними здисоційованими оксидами, що виключає можливість тонкого перемішування їх і створення шлакових фаз, з якими утрачаються компоненти шихти.

За рахунок зміни концентрацій реагуючих речовин в брикетованій шихті, виготовленій відповід-

но до запропонованого способу, в порівнянні з прототипом досягається збільшення швидкості реакцій відновлення і повнота завершення їх. Як наслідок цього зменшуються питомі витрати шихти і електроенергії на виплавку сплаву і збільшується продуктивність електропечі.

Граничні значення відношення маси вуглецю до маси оксидів алюмінію і кремнію в брикетах вибрані із умови повного проходження хімічних реакцій (3) і (4). Стехіометрична величина відношення вуглецю до оксиду для хімічної реакції (3) становить 0,529, а для хімічної реакції (4) - 0,6, тобто для суміші оксидів алюмінію і кремнію вони являються стехіометричними границями відношення вуглецю і оксидів.

В промислових умовах в якості вуглецевих відновлювачів використовують кам'яне вугілля, що містить вуглець, як відновник, і летучі речовини, які при нагріванні виділяють сажистий вуглець, що приймає участь в відновлюючих реакціях, але не враховується технічним аналізом і в розрахунках шихти. Тому нижню границю відношення маси вуглецю до маси оксидів в брикеті прийнято рівною 0,5.

У випадку використання в якості вуглецевого відновника нафтового коксу, добавленого до кам'яного вугілля, зменшується в суміші вуглецевих відновників доля летучих речовин, а з ними зменшується і доля сажистого вуглецю, а також збільшуються утрати вуглецю за рахунок вигорання на колошнику електропечі. Тому верхню границю відношення вуглецю до оксидів у брикеті взято рівною 0,6.

При відношенні вуглецю до оксидів в брикетах меншому 0,5 в них буде нестача вуглецю для проходження до кінця хімічних реакцій (3) і (4). Тому зайві оксиди оплавляються і створюють шлакову фазу, з якою утрачаються корисні компоненти.

В випадку, коли в брикетах відношення вуглецю до оксидів більше 0,6, тоді зайвий вуглець від необхідного для проходження хімічних реакцій (3) і

(4) зменшує електричний опір шихти, що негативно впливає на технологію плавки.

Приклади складів відомих шихт, підготовлених за способом прототипом, показані в таблиці 1., а приклади складів суміші брикетів, приготовлених запропонованим способом з відношенням вуглецю до оксидів в межах граничних значень і поза ними, приведені в таблиці 2. Для прикладів 1 і 2 запропонованого способу підготовки брикетованої шихти взяті відомі склади шихт 1 і 2, що вміщені до таблиці 1.

Для експериментальної перевірки впливу способів підготовки брикетованих шихт була виготовлена брикетована шихта за відомим способом прототипом і з шихти такого ж складу була підготовлена суміш брикетів запропонованим способом.

Для здійснення запропонованого способу підготовки брикетованої шихти із складу відомої шихти (таблиця 3), яку використовували в способі прототипу для порівняння результатів плавок, вилучали всю масу вуглецевого відновлювача (кам'яне вугілля і нафтовий кокс) і чистку кремнезем-глиноземної сировини (всю масу глинозему і частку каоліну) з розрахунку одержання суміші з відношенням вуглецю до оксидів рівним 0,55. Компоненти шихти змішували, зволожували водяним розчином ЛСТ, брикетували і сушили брикети при температурі 250°C.

Решту кремнезем-глиноземної сировини (запасу каоліну) зволожували водяним розчином ЛСТ, брикетували і сушили брикети також при 250°C. Сухі брикети обох складів змішували і плавили на рудовідновлюючій одноелектродній електропечі.

Результати випробувань виплавки алюмінієво-кремнієвого сплаву із суміші брикетів, підготовлених за запропонованим способом, а також із брикетованої шихти відомого способу вміщені до таблиці 3.

Таблиця 1

Приклади складів відомих шихт, приготовлених за способом прототипом

№ прикла- да	Кремнезем-глиноземна сировина, кг				Вуглецевий відновник		Сполучна речовина, %	% С від стехіоме- трії на віднов- лення оксидів до елементів
	Каолін	Глинозем	ДСК*	Кварцовий пісок	Кам'яне вугілля	Нафтовий кокс		
1	40,6	13,0	-	-	29,7	-	6,6	93
2	32,1	13,5	10,7	-	21,7	6,0	6,5	95
3	36,8	24,7	-	6,5	21,5	7,1	6,5	95
4	36,4	24,7	-	6,5	17,4	11,2	6,5	98
5	36,7	13,3	15,7	-	17,0	10,4	6,5	98

ДСК - дистенсіліманітовий концентрат

Таблиця 2

Приклади складів сумішей брикетів, приготовлених запропонованим способом

№ прикла- да	Відношення вуглецю до оксидів	Склад брикетованої суміші вуглецевого відновника з част- кою кремнезем-глиноземної сировини						Склад брикетова- ної решти крем- незем- глиноземної си- ровини шихти, кг		Сполучна речовина в суміші брикетів, %	% від стехі- ометрії на відновлення оксидів ших- ти до еле- ментів
		Кремнезем-глиноземна сировина, кг			Вуглецевий відно- вник, кг		% С від сте- хіометрії на утворення карбідів	Каолін	ДСК		
		Каолін	Глинозем	дек	Кам'яне вугілля	Нафтовий кокс					
1	0,45	29,32	13,0	-	29,7	-	81,2	11,28	-	6,5	93
	0,50	24,89	13,0	-	29,7	-	90,5	15,71	-	6,5	93
	0,55	21,26	13,0	-	29,7	-	100	19,34	-	6,5	93
	0,6	18,24	13,0	-	29,7	-	109,1	22,36	=	6,5	93
	0,62	17,16	13,0	-	29,7	-	112,9	23,44	-	6,5	93
2	0,45	24,25	13,5	5,35	21,7	6,0	81,76	7,85	535	6,5	98
	0,50	25,93	13,5	-	21,7	6,0	90,43	6,17	10,7	6,5	98
	0,55	22,0	13,5	-	21,7	6,0	100	10,1	10,7	6,5	98
	0,60	18,89	13,5	-	21,7	6,0	109,4	13,21	10,7	6,5	98
	0,62	17,77	13,5	-	21,7	6,0	113,2	17,77	10,7	6,5	98

Таблиця 3

Відомий спосіб - прототип		Запропонований спосіб	
Показники	Величина показника	Показники	Величина показника
1. Склад брикетів, (мас. кг):		1. Склад брикетованої суміші вуглецевого відновника і частки кремнезем-глиноземної сировини, (мас.кг):	
каолін	49,7	каолін	24,5
глинозем	17,4	глинозем	17,4
газове вугілля	25,9	газове вугілля	25,9
нафтовий кокс	7,0	нафтовий кокс	7,0
сполучна речовина, ЛСТ	6,5	сполучна речовина, ЛСТ	6,5
		1.1. Відношення вуглецю до оксидів	0,55
		1.2. % вуглецю від стехіометрії утворення карбідів із оксидів	100,9
2. % вуглецю від стехіометрії на відновлення оксидів до елементів	95	2. Склад брикетованої решти кремнезем-глиноземної сировини:	
		каолін (мас.кг)	25,2
		сполучна речовина ЛСТ, %	6,5
		2.1. % вуглецю від стехіометрії на відновлення оксидів шихти до елементів, %	95
3. Питомі витрати на плавку:		3. Питомі витрати на плавку:	
електроенергії, кВт-г(кг)	27,505	електроенергії, кВт-г/кг	18,759
брикетів, кг/кг	5,475	брикетів, кг/кг	4,607
продуктивність електропечі, кг/год	3,841	продуктивність електропечі, кг/год	4,870

Одержані результати випробувань показали, що при виплавці алюмінієво-кремнієвого сплаву із брикетованої шихти, підготовленої за запропонованим способом, в порівнянні з способом прототипом зменшуються витрати на виробництво сплаву електроенергії з 27,595кВт-г/кг до 18,759кВт-г/кг або 31,8%, брикетованої шихти з 5,475кг/кг до

4,607кг/кг або на 15,85% і зростає продуктивність електропечі з 3,841 кг/г до 4,870кг/г або на 26,8%.

Таким чином, завдяки використанню для виплавки алюмінієво-кремнієвого сплаву брикетованої шихти підготовленої запропонованим способом стало можливим покращити основні показники процесу.