

Винахід відноситься до області металургії, а саме до виробництва феросиліцію і може бути використаний для одержання кондиційного сплаву феросиліцію з відходів основного виробництва підприємств, виробляючих феросиліцій, із застосуванням електрошлакової технології.

Розвиток виробництва феросиліцію визначив традиційний (основний) спосіб його виробництва - електротермічний (Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. М.:Металлургия, 1988. 784с.).

Цей спосіб заснований на використанні дугових електричних печей (руднотермічних), що дозволяють перетворювати електричну енергію в теплову, яка використовується для відновлення, плавлення, а також нагрівання металів і сплавів. Тепло виділяється при проходженні струму крізь газовий проміжок і шихтові матеріали (тобто суміш таких матеріалів, як кварцит, кокс і залізна стружка), що мають високий електричний опір. Сам процес характеризується можливістю одержання високих температур в області горіння електричних дуг. Основний напрямок процесу - забезпечення максимального відновлення кремнію з кварциту вуглецем коксу з наступним виведенням відновленого кремнію з зони реакцій шляхом розчинення у металевій фазі. У якості відновлювача в окремих випадках у шихту можуть вводитися відновлювачі з більш високим, ніж у звичайного коксу електроопором - деревне або газове вугілля, деревна тирса або тріски, напівкокс та ін. Для полегшення шлакоутворення може також вводитися вапно (або ж вапняк). У якості джерела кремнезему може використовуватися пил виробництва феросиліцію у вигляді брикетів або окатишів.

Суворій регламентації піддається розмір кусків шихтових матеріалів. Мілкофракційні матеріали порушують проникність шихти й утрудняють вихід газів, що призводить до порушення ходу печі. Наявність великих кусків, наприклад, коксую, збільшує електропровідність шихти, електроди піднімаються нагору, знижується продуктивність печі. При виплавці феросиліцію рідка фаза з'являється тільки в нижніх горизонтах стовпа шихти, а під електродами утворюються своєрідні тиглі з продуктів плавлення - газові порожнини, у яких виділяється основна кількість енергії в електричній дузі. Із цього можна зробити висновок, що існуюче традиційне промислове виробництво феросиліцію є неможливим без застосування дугового режиму, як такого, що гарантує наявність високих температур в зоні порожнин, які знаходяться під електродами, що є умовою забезпечення успішного протікання відновлювальних процесів.

Виробництво феросиліцію відносять до безшлакових процесів, однак, виплавка сплаву завжди супроводжується одержанням деяких кількостей шлаку. Так, на одну тону сплаву ФС45 одержують близько 25-40кг шлаку, на одну тону сплаву ФС75 - 35-60кг шлаку. Цей шлак містить крім кремнезему (до 50%), карбід кремнію (до 20%), глинозему, оксиду магнію і ряду інших оксидів також і корольки сплаву, як правило, до 40% (по масі), а при виробництві сплавів із високим утриманням кремнію, наприклад, ФС75 - навіть до 60%. Причиною шлакоутворення є домішки шихтових матеріалів, що відновлюються не повністю і ошлаковуються кремнеземом. При нестачі відновлювача шлак збагачується кремнеземом або карборундом. Помітної різниці в складі шлаків при виплавці різних сплавів феросиліцію з шихти однакової якості не виявляється.

При роботі печі на стінках футерівки робочого простору накопичується гарнісаж. Також у робочому просторі утворюються настилі. Основні компоненти гарнісажу і настилів - це кремнезем, вміст якого може перевищувати 60%, і карбід кремнію - до 40%.

Все перераховане вище відправляється у відвали виробничих відходів підприємств, що виробляють феросиліцій.

Крім того, відомо, що ці відвали містять значну кількість некондиційних сплавів, тобто сплавів із ненормативним утриманням кремнію, як, наприклад, сплави, що вміщують від 53,5 до 56,65% Si, а також велика кількість таких домішок, як алюміній, кальцій та ін. Такі сплави не знаходять подальшого застосування через схильність до розсипання при збереженні.

Невелика, на перший погляд, питома кількість відходів при відсутності надійного і економічного способу їх переробки привела до значного їхнього накопичення. Вони займають величезні земельні площі і додають свого внеску до складних екологічних умов у регіонах, де розміщені діючі або вже зупинені феросплавні підприємства.

Використання відходів виробництва феросиліцію в традиційному виробничому циклі його одержання практично не здається можливим. При їх подачі до руднотермічної печі вже у верхніх шарах утворюється шлак, що порушує газопроникність шихти і призводить до її спікання, перешкоджає утворенню чітко виражених газових порожнин (тиглів). Іншими словами, випереджуючий розвиток одержують процеси плавлення шихти, а не відновлення. Адже температури відновлювальних процесів при одержанні кремністих феросплавів на 200-600° перевищують температури їх плавлення. У цьому випадку провідність шихти буде зростати, а електроди - підніматимуться нагору, колошник може перегрітися, а в нижній частині печі (на подині) температура може знизитися. Розладнається хід печі, електроди піднімуться настільки, що колошник проплавиться. А це призведе до аварійної зупинки печі.

Існує і інший вид виплавки і рафінування металів, наприклад, електрошлакова технологія, головною особливістю якої є бездуговий режим ведення плавлення - режим опору (Електрошлаковая выплавка стали из металлизированных окатышей в дуговой печи. Б.Е.Патон, Ю.В.Латаш, И.Ю.Лютый и др. - В кн.: 7-й сов.-яп. симпоз. по физ.-хим. основам металлург. процессов: докл. сов.специалистов. М., 1979, с.33-39). У цьому джерелі інформації докладно висвітлена технологія електрошлакового виплавлення сталі з металізованих окатишів, для реалізації якої наводиться і розігривається в бездуговому режимі (режимі опору) синтетичний високоосновний шлак, до якого безупинно подаються окатиші. Після їх розплавлення первинний шлак скачується і відбувається рафінування металеві ванни. Далі здійснюється доведення хімічного складу і випуск. Або ж, не скачуючи шлак, метал зливається, а доведення здійснюється в іншій печі. Процес протікає стабільно і забезпечує рівномірність умов у всьому об'ємі шлакової ванни. Викладена в цій праці інформація стосується питань виготовлення сталі, і не містить ніяких відомостей щодо застосування електрошлакових технологій для одержання феросиліцію або ж вилучення останнього з відходів основного феросиліцієвого виробництва.

За прототип запропонованого винаходу прийнятий спосіб виробництва феросиліцію з шихти, що містить

відходи виробництва феросиліцію, вуглецьвміщуючий матеріал, вапно або вапняк, що включає електротермічний процес плавлення шихтових матеріалів у печі, футерівка робочого простору якої виконана вуглецевими матеріалами, із використанням, щонайменш, одного невитратного електроду, при якому компоненти шихти подають до плавильної зони печі, плавлять їх і зливають продукти плавлення у вигляді феросиліцію і кінцевого шлаку (Патент України № 53306А, МПК⁷:С22С33/00, С22С33/04, опубл. в Б.В. №1, 2003р.).

Ця технологія заснована на одержанні феросиліцію із застосуванням шихти, основним компонентом якої є шлак феросиліцію. Крім цього, шихта містить також відходи деревини, вапно (чи вапняк) або плавиковий шпат. Технологія передбачає зважування компонентів шихти, наступне їх змішування і подачу в електродугу в піч постійного струму для плавлення. У печі шихта нагрівається і проплавляється. По закінченні плавлення з печі зливають шлак і кінцевий продукт - сплав феросиліцію.

Пропонується для одержання феросиліцію використовувати шихту з наступним співвідношенням компонентів (мас. %):

шлак феросиліцію	70-80
вуглецьвміщуючий матеріал	3-7
гашене вапно	5-10
розкислювач шлаку	2-5
відходи деревини	5-10.

Пропонується також використовувати в якості розкислювача шлаку вапняк чи обпалене вапно, або ж плавиковий шпат. Шлак феросиліцію використовується у фракціях до 10 см, а відходи деревини - 0,1-4,0см.

Шихта запропонованого складу не дозволить працювати на закритих, занурених під шар шихти дугах, що характерно для традиційного руднотермічного процесу. Тому процес може проходити тільки з відкритою дугою в шлаковій ванні. Робота в дуговому режимі передбачає зосереджене у локальній області введення тепла, що призводить до місцевого перегріву розплаву в зоні дуги. А це значно перешкоджає підтримувати однорідної температури шлакової ванни в різних її об'ємах. І, як наслідок, будуть відрізнятися й умови протікання різних реакцій в них.

Наявність відкритої дуги приведе до нерегульованого вигорання кремнію, а також сприятиме насиченню розплаву газами. Адже відомо, що важливим чинником, що впливає на якість сталі і сплавів, є вміст в феросплавах газів, особливо водню і азоту. Найбільш небезпечний водень у феросплавах на основі високореакційних елементів, у тому числі і кремнію. Концентрація водню в сплавах на його основі може досягати 50см³ на 100г.

Дуговий режим при застосуванні постійного струму заважає стабілізації ходу електрохімічних процесів в шлаковій ванні. Наявність відкритих дуг також буде підвищувати знос вуглецевої футерівки робочого простору печі у порівнянні з традиційною руднотермічною піччю.

На підставі вищевикладеного можна дійти висновку, що застосування дугового процесу для переробки відходів виробництва феросиліцію не є оптимальним варіантом. Процес виробництва феросиліцію в даному випадку являє собою процес розплавлення шлаку зі створенням умов для осадження корольків феросиліцію, що містяться в ньому. Наявність невеликої кількості вуглецьвміщуючого відновлювача у вигляді коксового дріб'язку припускає локальне протікання процесів відновлення кремнію. Однак, питома вага цих процесів незначна, а частка відновленого в них кремнію буде сумірною з його вигоранням, що є результатом наявності відкритих дуг. У цих умовах буде спостерігатися і вигорання самого відновлювача. Крім цього, кокс буде забруднювати розплав сіркою, яка міститься в ньому. В той же час у відходах виробництва феросиліцію є матеріали, збагачені вуглецем і його з'єднаннями. Це, наприклад, і залишки гарнісажу, і настилі, що накопичуються у робочому просторі печі. Створення умов для їх використання було б більш доцільним і економічним для даного процесу виробництва, ніж застосування коксу.

Всі компоненти подаються до печі одночасно після попереднього змішування. Потім "шихта нагрівається і проплавляється". Однак, здійснити такий процес при одномоментній подачі шихти до печі дуже проблематично, тому що ця шихта у твердому стані неелектропровідна. Стабільне горіння дуги може бути досягнуто тільки при наявності контакту між робочим і подовим електродами. Плавлення шихти можливе тільки при наведенні рідкої ванни з наступною подачею решти шихти, що підлягає переробці. Однак і в цьому випадку використовувати для наведення рідкої ванни багатокомпонентну (змішану) шихту недоцільно, тому що буде спостерігатися підвищене вигорання деяких її інгредієнтів, наприклад, відновлювача, відходів деревини, сплаву кремнію.

В основу винаходу поставлена задача підвищення ефективності способу виробництва феросиліцію із шихти, що містить відходи виробництва феросиліцію, шляхом застосування бездугової електрошлакової технології, здійснюваної на постійному струмі при дотриманні умов порціонного надходження компонентів шихти, яка обумовлює розосередження виділення тепла в шлаковій ванні, і тим самим створення достатньо однакових умов для рафінування та проходження окисно-відновлювальних процесів у всьому об'ємі ванни, дозволяє досягти максимального вилучення основного сплаву з шихти, мінімізувати вигорання кремнію і насиченість розплаву газами, підвищити стійкість футерівки робочого простору печі.

Поставлена задача досягається за рахунок того, що в способі виробництва феросиліцію із шихти, що містить відходи виробництва феросиліцію, які містять вуглецьвміщуючий матеріал, а також вапно або вапняк, що включає електротермічний процес плавлення шихтових матеріалів у печі, футерівка робочого простору якої виконана вуглецевими матеріалами, з використанням, щонайменш, одного невитратного електроду, при якому компоненти шихти подають до плавильної зони печі, плавлять їх і зливають продукти плавлення у вигляді феросиліцію і кінцевого шлаку, відповідно до винаходу, плавлення шихти здійснюють в бездуговому електрошлаковому режимі при постійному струмі, причому шихтові матеріали подають в піч порціями, а процес починають наведенням шлакової ванни шляхом повного розплавлення порції шихтових матеріалів з кратністю шлакової складової від 100 до 50, після чого подають порцію, що складається з вапна або вапняку у кількості, що забезпечує рівень кислотності шлакового розплаву в межах від 0,7 до 4,0, після утворення

однорідного шлакового розплаву в зону плавлення послідовно двома - трьома порціями подають і розплавляють кусковий шихтовий матеріал у вигляді шлаку, що містить корольки феросиліцію, розмір кусків якого знаходиться в межах від 3 до 20мм, після чого порціями подають решту шихтових матеріалів, що складаються з відходів виробництва феросиліцію і вапна або вапняку.

Вказаний вище технічний результат, що досягається при використанні запропонованого способу, обумовлений ознаками, які відрізняють його від аналогічних технологій, описаних згідно відомого технічного рівня.

Подача шихти порціями з обумовленим якісним і кількісним складом компонентів (а не одномоментно, як це має місце у відомій технології) дозволяє оптимізувати процеси плавлення та рафінування.

Плавлення шихти в режимі опору виключає наявність локального вводу тепла, дозволяє розосередити його виділення по всій шлаковій ванні. Створюються однакові умови для проведення рафінування і протікання окисно-відновлювальних реакцій в різних об'ємах шлакового та металевих розплавів.

Відсутність дуги і місцевого перегріву в її зоні зводить до мінімуму вигорання кремнію. А відсутність прямого випромінювання від дуг і бризок, що супроводжують їх, підвищує стійкість футерівки.

Процес починається з розплавлення першої порції відходів виробництва феросиліцію, що складається з матеріалів із кратністю шлаку від 100 до 50, тобто практично з шихти, що має мінімальний вміст корольків сплаву, що дозволяє запобігти вигоранню з нього кремнію.

При цьому сортування відходів з одержанням їх групи з кратністю шлаку більше 100 економічно не виправдане. А при кратності шлаку менше 50 у період розплавлення - наведення первинної шлакової ванни відбувається вигорання кремнію з корольків, що містяться в ньому.

Відомо, що надмірна в'язкість шлаку утруднює процес осідання корольків і проходження окисно-відновлювальних реакцій. Для поліпшення властивостей шлаку необхідне коригування утримання в ньому оксиду кальцію (CaO). Додавання CaO шляхом додавання вапна або вапняку знижує температуру плавлення шлаку, робить його більш рідкорухомим при температурах плавлення, підвищує ступінь його активності. Тобто, введення CaO до кислого шлаку полегшує подальше ведення процесу плавлення.

Додавання CaO має і інший вплив - вона підвищує окисну спроможність шлаку. У кислому шлаку, насиченому кремнеземом, оксиди заліза зв'язані в силікати заліза. При введенні вапна або вапняку наявні в шлаку силікати заліза руйнуються й утворюються більш стійкі силікати кальцію. В результаті активність оксидів заліза в шлаку зростає і відповідно зростає інтенсивність окисних процесів. А це уможливило протікання процесів десульфурзації сплаву.

Коригування вмісту CaO , на відміну від технології, описаної у винаході, взятому за прототип, здійснюється шляхом введення вапна (або вапняку) вже в рідку шлакову ванну (друга порція). Тобто його асиміляція відбувається в період ведення плавлення в режимі опору - в квазістаціонарних високотемпературних умовах. (Якщо додавати вапно або вапняк до першої порції - збільшується час наведення однорідного розплаву та ускладнюються умови служби футерівки подири та донного електроду). Тобто наведення первинної шлакової ванни необхідного складу прискорюється при такому роздільному плавленні шихти. Причому ця друга порція матеріалів, що складається з вапна (вапняку), вводиться з розрахунку забезпечення рівня кислотності шлакового розплаву від 0,7 до 4,0.

При зниженні кислотності нижче 0,7 - електропровідність шлаку зростає, зменшується міжелектродний проміжок, скорочується кількість тепла, що виділяється при постійному рівні потужності, що, в свою чергу, призводить до підвищення витрат електроенергії. При підвищенні кислотності розплаву понад 4,0 міжелектродний проміжок збільшується, виникає небезпека переходу режиму плавлення в дуговий, підвищується в'язкість шлакової ванни, погіршується її гідродинаміка, ускладнюються умови осадження корольків і проходження реакцій.

Основний вплив на обмінні процеси як у цілому в металургії, так і при електрошлаковому плавленні, мають не тільки температурні умови, а й розмір міжфазної поверхні і час контакту взаємодіючих фаз. До того ж, у нашому випадку наявність постійного струму створює умови і для більш повного протікання електролітичних процесів.

Тому завданням наступного етапу плавлення є якомога раннє наведення металевої ванни (фактично, таким чином до розмірів її поверхні збільшується поверхня донного електроду).

При попаданні кусків шихти ("шлакової матриці", збагаченої корольками сплаву) в шлакову ванну відбувається "наморожування" на їх поверхні шлакової корки. Товщина цієї корки залежить від розміру куска і часу його падіння в шлаковій ванні, а також температури шлакового розплаву.

Після прогріву куска корка шлаку розплавляється, одночасно нагріваються і розплавляються корольки сплаву, що знаходяться в "шлаковій матриці". При цьому куски шихти будуть не тільки оплавитися, а й розтріскуватися і руйнуватися, що пояснюється тим, що температура плавлення сплаву, присутнього у вигляді королька в "шлаковій матриці", коливається в залежності від вмісту кремнію в ньому (наприклад, від 20 до 90%) в інтервалі від 1190° до 1320°С. А температура плавлення власне "шлакової матриці", збагаченої різними домішками, має більш високі значення, що коливаються в межах 1500-1700°С.

З огляду на все це, і з метою забезпечення раннього наведення металевої ванни, вводиться обмеження розмірів кусків шихтових матеріалів, що подаються до печі. Для наведення металевої ванни шихта подається двома - трьома порціями, починаючи з третьої, в кусках розміром від 3 до 20мм.

Куски з розміром менш ніж 3мм будуть виноситися з печі висхідними газовими потоками. подача кусків більшого розміру приведе до переохолодження шлакової ванни, і, як наслідок, до необхідності введення додаткової енергії. Початок протікання основних електрохімічних процесів буде зміщуватися у часі.

При розмірі кусків від 3 до 20мм процес плавлення відбувається досить швидко, причому однієї порції таких кусків буває замало для формування металевої ванни, дзеркало якої дорівнювало б площині поперечного перерізу робочого простору печі (тобто формуванню донного електроду з максимальною площею поверхні), а в разі, коли ця ванна вже сформована (для чого, звичайно, достатньо двох-трьох порцій матеріалу), регулювання розміру куска стає економічно не виправданим. Тобто, після формування металевої

ванни в наступних порціях шихти можна не контролювати верхнє обмеження розміру фракцій матеріалів, подаваних до зони плавлення, однак їх все ж доцільно збільшити. У цьому випадку куски матеріалів плавляться в шлаковій ванні, а частина їх занурюється в металевий розплав, у якому відбувається руйнація і розплавлення "шлакової матриці". Краплі шлаку, що утворюються, будуть спливати в шлакову ванну, попутно асимілюючи неметалеві включення з металевого розплаву.

Наявність високотемпературного рафінуючого середовища, яким є шлакова ванна, висока щільність струму на електроді, а також інтенсивна гідродинаміка шлакової і металеві фаз доповнюються позитивним ефектом від застосування постійного струму. Постійний струм при плавленні в режимі опору дає можливість використовувати потенціал електролізу для інтенсифікації проходження окисно-відновлювальних процесів.

У металургійних процесах реакції на границі металеві ванни з оксидним розплавом протікають у дифузійному режимі, тобто супроводжуються концентраційною поляризацією, і тим самим їх характеризують як електрохімічні. Електротермія робить ці процеси керованими і гарантує повноту їх проходження.

Електрошлакова технологія дозволяє в повному обсязі впливати на протікання електрохімічних реакцій у фазах, що контактують, і в конкретних ситуаціях прискорювати або сповільнювати окремі обмінні процеси, у значній мірі визначаючи кінцевий хімічний склад продукту.

Шлакова ванна є електролітом. Робочий електрод і металева ванна є катодом і анодом. Звідси і прояв основних закономірностей електролізу.

Так, наприклад, при переплавленні на постійному струмі прямої полярності спостерігається значне падіння напруги на границі поділу шлак - металева ванна. Це пояснюється більшим значенням електрохімічного потенціалу на анодній поверхні у порівнянні з катодною.

Падіння напруги на границі поділу шлак - металева ванна призводить до того, що найбільша кількість джоулевого тепла виділяється в безпосередній близькості до поверхні поділу. До того ж гарнісаж, який формується на поверхні футерівки, не тільки дозволяє запобігати окислюванню вуглецевої футерівки, а також, як надійний ізолятор, запобігає протіканню струму на стінки футерівки. Тому в запропонованому процесі струм протікає крізь шлак тільки між зануреним у шлак кінцем електроду і поверхнею металеві ванни.

На границі поділу шлак - металева ванна відбувається накопичування аніонів кисню, що утворюються при відновленні катіонів заліза з його закису. Збільшення приграничної концентрації аніонів, їх розрядження і дифузія в металеву ванну створюють умови, сприятливі для протікання процесу електролітичної десульфурзації. З іншого боку, на негативно зарядженому електроді відбувається розряд катіонів кальцію, що буде сприяти локальному розкисленню шлаку і зв'язуванню в ньому сірки.

Досить висока температура процесу плавлення і наявність ефекту електролізу забезпечує не тільки десульфуріацію, а й у локальних об'ємах призводить до проходження реакцій, неможливих в інших умовах плавлення. Так, відновлені катіони заліза взаємодіють з карбідом кремнію, руйнуючи його з утворенням феросиліцію і графіту.

З метою забезпечення можливості проходження процесів відновлення кремнію з його з'єднань і підвищення його вмісту в кінцевому сплаві в шихту можна не вводити додатковий відновлювач, як це має місце у відомому винаході, а використовувати в якості альтернативного продукту вуглецьвміщуючі матеріали, які містяться у самих відходах виробництва феросиліцію та являють собою залишки гарнісажу і різних настилів, які накопичуються на стінках робочої поверхні печі. В цих матеріалах, як відомо, міститься досить висока кількість вуглецю як у вигляді графіту, так і у вигляді його з'єднань. Ця обставина суттєво спрощує процес виготовлення феросиліцію і знижує собівартість останнього.

Запропонована технологія здійснюється наступним чином:

В графітізованому тиглі розплавляють першу порцію відходів, яка являє собою старанно відібрані куски шихти, що складаються з матеріалів з кратністю шлакової складові від 100 до 50. Після повного їх розплавлення в піч подають заздалегідь визначену для конкретного випадку ведення процесу порцію вапняку або вална. Після утворення однорідного шлакового розплаву двома або трьома порціями (в залежності від умов плавлення) подаються куски шихти, розмір яких коливається в межах від 3-х до 20-ти мм. За цих умов досягається швидке наведення металеві ванни і активізуються обмінні процеси в ній. Далі в зону плавлення порціями подається шихта, до складу якої входять відходи основного феросиліцієвого виробництва, в тому числі вуглецьвміщуючі гарнісаж та настилі, а також вапно або вапняк.

Приклад конкретного здійснення способу:

Виплавку феросиліцію ведуть в графітізованому тиглі об'ємом внутрішнього простору 90дм³. Струм до реакційної зони для розплавлення шихтових матеріалів і підтримки розплаву в розігрітому стані підводиться невитратним графітованим електродом при коефіцієнті заповнення тигля 0,14. Рід струму - постійний, прямої полярності (тобто, з мінусом на електроді). Сила струму - до 6000А, напруга - до 60В.

Перша порція шихтових матеріалів складається з відходів традиційного виробництва феросиліцію з кратністю шлаку 95. Маса порції складає 18,2кг. Після повного розплавлення матеріалів першої порції в наведену шлакову ванну подають вапняк з розміром кусків 15-20мм в кількості 5,2кг. Ця кількість забезпечує рівень кислотності розплаву 1,15. Після розкладення вапняку і повної асиміляції вапна утворюється однорідний шлаковий розплав. Далі до розплаву трьома порціями по 14,5кг подають шихтові матеріали з кратністю шлаку 1,62 в кусках розміром 10-15мм. (При цьому кислотність шлаку підіймається до 1,5). Після повного розплавлення цих матеріалів в зону плавлення подають решту шихти, яка містить відходи феросплавного виробництва в кусках, а також заздалегідь виготовлені з дрібної їх фракції брикети та вапняк чи вапно. Використовуються відходи, які містять вуглецьвміщуючі матеріали, такі, як, наприклад, гарнісаж та настилі. Наявність останніх підтримує сумарний вміст в шихті вуглецю і карбиду кремнію в середньому на рівні 10-15%. Високі температури в шлаковій ванні, які досягають рівня 1900-2000°C, створюють умови для протікання відновлювальних процесів. При цьому підтримується кратність шлаку від 1,5 до 1,7, а кислотність на рівні 1,5. Об'єм виходу придатного феросиліцію марки ФС45 досягає 49%. Маса готового продукту (ФС45) складає 124кг. Наявність постійного струму прямої полярності дозволяє одержувати сплави з вмістом сірки 0,002-0,005%. Середня тривалість процесу плавлення - 65-75хв.