



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40647 (13) U  
(51) МПК (2009)  
C22C 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) КОМПОЗИЦІЯ ДЛЯ ПРЯМОГО ЛЕГУВАННЯ СТАЛІ МАРГАНЦЕМ

1

2

(21) u200811240

(22) 17.09.2008

(24) 27.04.2009

(46) 27.04.2009, Бюл.№ 8, 2009 р.

(72) АСТАХОВ МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ, UA,  
КОМАР ВІКТОР ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA(73) ВИШНЯКОВ ОЛЕКСІЙ ЄВГЕНОВИЧ, UA, ВИ-  
ШНЯКОВ ЮРІЙ ЄВГЕНОВИЧ, UA, БОРОДІНА  
ОЛЕНА АЛЬБЕРТІВНА, UA(57) 1. Композиція для прямого легування сталі марганцем, що містить оксидний марганцевмісний матеріал, металевий кремній  $Si_{met}$ , металевий алюміній  $Al_{met}$ , яка **відрізняється** тим, що додатково містить оксиди лужних металів ( $K_2O+Na_2O$ ), оксид алюмінію  $Al_2O_3$  і оксиди ( $CaO+MgO+Fe_2O_3$ )

при наступному співвідношенні компонентів композиції, мас. %:

|  |          |
|--|----------|
| металевий кремній $Si_{met}$           | 5,0-12,0 |
| металевий алюміній $Al_{met}$          | 3,0-15,0 |
| оксиди лужних металів ( $K_2O+Na_2O$ ) | 1,0-5,0  |
| оксид алюмінію $Al_2O_3$               | 3,0-15,0 |
| оксиди ( $CaO+MgO+Fe_2O_3$ )           | 5,0-15,0 |
| марганець у вигляді оксидів            | решта.   |

2. Композиція за п. 1, яка **відрізняється** тим, що компоненти композиції мають наступний фракційний склад, %:

|              |             |
|--------------|-------------|
| менше 3,0мм  | $\geq 90$   |
| більше 3,0мм | $\leq 10$ . |

Корисна модель відноситься до чорної металургії, конкретно до сталеплавильного виробництва і може бути використана для підвищення ефективності обробки розплаву заліза в металургійних процесах виробництва сталі з використанням різного металургійного устаткування.

Чорна металургія є галуззю важкої промисловості, що виготовляє чорні метали, а саме чавун, сталь, прокат, доменні феросплави, металеві порошки чорних металів та ін. Чорна металургія охоплює весь процес від видобутку і підготовки сировини, палива і допоміжних матеріалів до випуску прокату чорних металів і їхніх сплавів.

В даний час чорна металургія є однією з базових галузей промисловості багатьох країн, однак при цьому залишається досить матеріаломістким виробництвом, а використовуване в даній галузі устаткування досить швидко робиться непридатним внаслідок агресивного впливу факторів виробництва. Для забезпечення високої якості одержуваного продукту в металургії використовують феросплави, шлакоутворюючі матеріали і флюс, при цьому зазначені матеріали дозволяють впровадити в розплав заліза легуючі елементи, очистити розплав заліза від непотрібних чи шкідливих домішок, а також сприяють прискоренню процесів шлакоутворення і скороченню часу виплавки сталі. Сталі легують для поліпшення фізичних, хімічних, міцностних і технологічних властивостей сталі, при

цьому в їхню сполуку вводять різні легуючі елементи (хром, марганець, нікель та ін.). Легуючі елементи підвищують конструкційну міцність сталі. Основною структурною складовою в конструкційній сталі є ферит, що займає в структурі не менш ніж 90% за обсягом. Розчиняючись у фериті, легуючі елементи зміцнюють його. Більшість легуючих елементів, зміцнюючи ферит і мало впливаючи на пластичність, знижують його ударну в'язкість. Однак найчастіше використовувані в даний час композиції для легування і флюс унаслідок недосконалості їх хімічного і фракційного складу мають обмежену здатність підвищення якості одержуваного продукту, вимагають додаткових витрат на доведення сталі до заданих параметрів.

Найбільш розповсюдженими в даний час матеріалами для легування сталі марганцем є феросплави, у якості яких застосовують феромарганець, металевий марганець чи феросилікомарганець. Однак, зазначені матеріали не є універсальними, мають різний ступінь засвоєння в сталь ведучого елемента і не забезпечують належний результат при використанні для стабілізації ходу виплавки сталі в будь-якому відомому способі. їхнє застосування для реалізації того чи іншого способу залежить від технологічних умов протікання процесу виплавки сталі. Крім того, використання зазначених матеріалів для легування не дозволяє цілком використовувати потенціал

UA (19) 40647 (13) U

легуючих елементів, стабілізувати чи збільшити рафінуючий потенціал шлакової фази, що і призводить до підвищеної витрати дорогих феросплавів і легуючих матеріалів, а також вапна і плавикового шпату.

Виходячи з цього, у сучасній металургії присутня актуальна потреба в композиціях для оптимізації процесів виплавки сталі шляхом створення умов для прямого легування сталі, що будуть мати такі хімічний склад і властивості, при яких здійснюється підвищення ступеня відновлення марганцю і, як наслідок, його засвоєння металом, а також мінімізація агресивного впливу компонентів композиції на металургійне устаткування і підвищення якості одержуваних продуктів за рахунок більш ефективного використання потенціалу елементів взаємодіючих зі шлако-металевим розплавом. Крім того, для цілей зниження матеріальних витрат на виробництво сталі кращим є використання однієї універсальної композиції, придатної для здійснення прямого легування сталі марганцем і оптимізації шлакового режиму виплавки для різних способів виробництва сталі.

Крім хімічного складу, підвищенню ефективності легування сталі сприяє також спосіб подачі легуючої композиції. Найбільш розповсюдженим є попереднє брикетування композицій для легування сталі. Якість брикету обумовлює ефективність процесу легування і також залежить від хімічного складу композиції для легування сталі. Часто для здешевлення таких брикетів до складу композиції додатково вводять вапняк чи використовують комплексні сплави різних металів. Це у свою чергу сприяє передчасному руйнуванню брикету, що у свою чергу призводить до невиконання основного принципу, що забезпечує протікання хімічної реакції відновлення марганцю - це постійний контакт матеріалів, що беруть у ній участь. Використання комплексних сплавів веде до додаткових витрат елементів-відновлювачей в угар, а, отже, збільшує собівартість брикету.

Якість одержуваного кінцевого продукту при реалізації різних способів виробництва сталі визначається типом використовуваних феросплавів, шлакоутворюючих матеріалів, а також використовуваних композицій для оптимізації процесів виплавки сталі і шлакового режиму.

Процес легування в сталеплавильному агрегаті чи в сталерозливному ковші організовують таким чином, щоб забезпечити синхронізацію плавлення вихідних компонентів реакції і самого процесу відновлення. Така синхронізація досягається строгими технологічними прийомами з використанням вихідних матеріалів заданої фракції. У результаті процес відновлення марганцю лімітується часом плавлення компонентів і швидкістю хімічної реакції. При цьому швидкість відводу продуктів реакції з активної зони випереджає чи дорівнює швидкості плавлення.

В даний час широке поширення одержав спосіб киснево-конверторної виплавки сталі. Звичайно в цьому способі виплавки сталі в якості шлакоутворюючого матеріалу використовують вапно, плавиковий шпат і боксит, що порціонно присажують по ходу технологічного циклу плавки. Головне легування киснево-конверторної сталі марганцем

здійснюється в ковші під час зливу металу. Недоліком використання такого способу легування сталі марганцем є складність визначення оптимальної кількості легуючих і шлакоутворюючих матеріалів для забезпечення необхідної якості одержуваного продукту. В результаті поводження шлакової і металевої фаз у процесі засвоєння елементів стає невизначеним, що вимагає коректування складу шлаку для кожної конкретної плавки по ходу технологічного процесу, що ускладнює і сповільнює процес виплавки сталі.

При електродуговому способі виплавки сталі в якості марганцевмісних матеріалів найчастіше застосовують феромарганець чи феросилікомарганець. Для формування технологічного шлаку найчастіше застосовують вапно і плавиковий шпат. Головне легування електросталі марганцем здійснюється в ковші під час зливу металу. При використанні композицій із зазначених матеріалів відсутня можливість ефективного регулювання процесів легування і шлакоутворення, що значно впливають на загальні термодинамічні і теплообмінні процеси виплавки сталі.

У відомих способах позапічної обробки сталі на установках типу «ківш-під» для легування сталі марганцем найчастіше використовують подрібнені феромарганець чи феросилікомарганець, а для наведення шлаку, що рафінує, використовують такі шлакоутворюючі матеріали як вапно, плавиковий шпат і різні вуглецевмісні матеріали. Недоліками використання такого складу допоміжних матеріалів є те, що до моменту розплавлювання і засвоєння вапна і плавикового шпату відсутня можливість ефективного регулювання процесів шлакоутворення і легування металу, а також розкислення шлакового розплаву для формування рафінованого шлаку, що значно впливає на загальні термодинамічні і теплообмінні процеси позапічної обробки сталі на установках типу «ківш-під».

У чорній металургії загальновідомі екзотермічні брикети, що містять як основу легуючий метал чи його сплав із залізом, відновлювач, окислювач, флюси та сполучне. Використання таких брикетів дозволяє перенести легування сталі в ківш, зменшити втрати легуючого елемента, підвищити продуктивність агрегатів.

Недоліком цих брикетів є використання в їхній сполучці здрібненого марганцевмісного феросплаву, що робить їх досить коштовними як за рахунок використання феросплаву, так і за рахунок наявності операції по підготовці марганцевмісного феросплаву до брикетування.

На сьогоднішній день відомі композиції і суміші для прямого легування сталі марганцем, що включають у себе компоненти: марганцевий агломерат, алюміній металевий Al, плавиковий шпат  $\text{CaF}_2$ , оксид кремнію  $\text{SiO}_2$ , залізо Fe, вуглець C, сірку S, фосфор P, у широких межах вмісту компонентів, у залежності від призначення композиції. Композиції представлені механічними сумішами компонентів, що входять до їх складу та що знаходяться у вигляді дрібно дисперсної чи пилоподібної фракції.

Основним недоліком зазначених композицій і сумішей є відносно високий коефіцієнт безповоротних втрат матеріалу (у вигляді пилу і диму) при впровадженні в реакційну зону сталеплавильних

агрегатів, що є наслідком взаємодії матеріалу композицій з висхідними тепловими потоками від дзеркала шлакометалевого розплаву і газодимових потоків у робочому просторі плавильних агрегатів. Це в значній мірі знижує цінність і ефективність застосовуваних композицій, є причиною підвищеної витрати композицій. Крім того, найчастіше фракційна сполука матеріалів не забезпечує підвищення рафіновочного потенціалу розплавленої шлакової фази і прискорення активізації ведучих хімічних компонентів шлакового розплаву, що у свою чергу не забезпечує високої якості одержуваного продукту.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі, що заявляється, є композиція для прямого легування сталі марганцем, описана в авторському свідоцтві СРСР №771168, що включає оксидний марганцевмісний матеріал, металевий кремній  $Si_{met}$ , металевий алюміній  $Al_{met}$ . Також композиція містить марганець, залізо, плавиковий шпат і сполучне. Крім того, відповідно до винаходу з метою підвищення ступеня засвоєння марганцю і здешевлення брикету, одержуваного з даної композиції, композиція додатково містить вапняк, а алюміній, кремній, марганець і залізо введені у вигляді комплексного сплаву при наступному вмісті компонентів, мас. %:

|  |            |
|--|------------|
| комплексний сплав алюмінію, кремнію, марганцю і заліза | 42,5-48,0; |
| марганцева руда  | 31-38;     |
| вапняк   | 7,0-12,0;  |
| плавиковий шпат  | 3,0-5,0;   |
| сполучне   | 5,0-9,0.   |

Істотним недоліком використання цієї композиції є зниження технологічної цінності вихідного матеріалу, необхідність додаткових витрат енергії на руйнування брикетів, сформованих з цієї композиції, що при контакті зі шлако-металевим розплавом піддаються поверхневій мінералізації з утворенням тугоплавких комплексів. При цьому, рівень в'язкості шлаку залишається досить високим, що у свою чергу призводить до погіршення умов плавлення композиції і зниженню ефективності процесів виплавки сталі і шлакового режиму. Недоліками композиції при використанні її для прямого легування сталі марганцем також є низький ступінь засвоєння марганцю сталлю, великий вміст алюмінатних неметалічних включень у сталі, додаткова витрата теплової енергії на дисоціацію вапняку, використання коштовних і дефіцитних матеріалів: плавиковий шпат і комплексний сплав алюмінію, кремнію, марганцю і заліза.

Наявність у брикеті композиції вапняку, крім додаткових витрат теплової енергії на його дисоціацію, призводить до передчасного руйнування брикету за рахунок виділення з нього газоподібного діоксиду вуглецю. У даному випадку відновники, що знаходяться в шматках брикету, і не розкиснені сталь і шлак вступають у безпосередній контакт, при цьому поверхня цього контакту набагато більша, ніж з оксидним марганцевмісним матеріалом, тому вірогідність вступу алюмінію в реакцію з активним киснем, розчиненим у сталі і шлаку, набагато більша, ніж вірогідність проходження реакції відновлення марганцю. У зв'язку з цим значна частина відновників витрачається на розкиснення

сталі і шлаку. Це призводить до зменшення ступеня відновлення марганцю і, як наслідок, його засвоєння сталлю і погіршенню його якості за рахунок додаткового забруднення алюмінатними неметалічними включеннями, що важко видаляються з рідкого металу. Крім того, у даній композиції міститься комплексний сплав, при виробництві (виплавці) якого завжди існують додаткові втрати елементів-відновників у чад, що знижує економічну ефективність використання даної композиції.

В основу корисної моделі поставлена задача створення композиції для прямого легування сталі марганцем, що за рахунок свого оптимізованого хімічного складу дозволить забезпечити підвищення ефективності металургійних процесів і якісних характеристик металів, оптимізацію шлакового режиму процесу виплавки сталі, створення оптимальних умов для прямого легування сталі марганцем, а також дозволить забезпечити зниження матеріальних витрат на здійснення металургійних процесів.

Поставлена задача вирішується тим, що зроблено композицію для прямого легування сталі марганцем, що включає оксидний марганцевмісний матеріал, металевий кремній  $Si_{met}$ , металевий алюміній  $Al_{met}$ , при цьому вона додатково містить оксиди лужних металів ( $K_2O+Na_2O$ ), оксид алюмінію  $Al_2O_3$  і оксиди ( $CaO+MgO+Fe_2O_3$ ) при наступному співвідношенні компонентів композиції, мас. %:

|  |           |
|--|-----------|
| металевий кремній $Si_{met}$           | 5,0-12,0  |
| металевий алюміній $Al_{met}$          | 3,0-15,0  |
| оксиди лужних металів ( $K_2O+Na_2O$ ) | 1,0-5,0   |
| оксид алюмінію $Al_2O_3$               | 3,0-15,0  |
| оксиди ( $CaO+MgO+Fe_2O_3$ )           | 5,0-15,0, |
| марганець у вигляді оксидів            | решта.    |

Відсутність у складі композиції компонентів, що при контакті композиції і брикетів, сформованих з неї, з рідким металом і нагріванні дисоціюють з виділенням газоподібних продуктів і руйнують брикет на кілька шматків, забезпечує наступну схему фазового перетворення брикету: налипання металу на брикет - розм'якнення брикету - розплавлення брикету. Це дозволяє забезпечити тривалий контакт часток оксидного марганцевмісного матеріалу і відновника. Оксидний марганцевмісний матеріал і відновники знаходяться в безпосередньому контакті відразу після виготовлення композиції і формування з неї брикету. Після присадки в ківш, завдяки фізичному теплу металу, компоненти композиції розм'якають усередині сформованого з неї брикету, і вже до початку його плавлення за рахунок численних і дуже розвинених контактів компонентів усередині брикету починається відновлення марганцю, за рахунок цього частки відновників практично не контактують з нерозкисненою сталлю.

Оксидний марганцевмісний матеріал, що міститься в композиції, підвищує прожарювання і міцнісні характеристики стали. Марганець разом з тим є єдиним елементом, що дозволяє, зв'язуючи сірку, повністю усунути один з найбільш важливих дефектів сталі - красномом. Експериментально

встановлено, що введення в композицію оксидного марганцевмісного матеріалу в кількості від 34 до 50% від маси всієї композиції дозволяє створити оптимальні умови для прямого легування сталі марганцем, дозволяє здійснити ефективну оптимізацію шлакового режиму процесу виплавки сталі, що у свою чергу дозволить забезпечити високу якість кінцевого продукту і зниження матеріальних витрат на здійснення металургійних процесів.

У більшість марок сталі марганцевмісні матеріали вводяться разом із кремнієм. Подібне сполучення марганцю і кремнію разом з підвищенням міцностних характеристик і усуненням шкідливого впливу сірки, завдяки утворенню легкоплавких евтектик із продуктів, що утворюються при розкисленні сталі, дозволяє одержувати метал більш чистий за киснем і неметалічними включеннями. Експериментально встановлено, що введення в композицію металевому кремнію  $Si_{met}$  у кількості від 5 до 12% від маси всієї композиції дозволяє забезпечити високу ефективність проведення процесу легування сталі, що у свою чергу забезпечує високу якість кінцевого продукту, дозволяє скоротити кількість використовуваної композиції для прямого легування сталі, що у свою чергу дозволить скоротити виробничі витрати.

Металевий алюміній являє собою власне алюміній у технічно чистому вигляді. Алюміній розкиснює рідкий розплав заліза, тобто видаляє кисень, а наявність оксиду алюмінію сприяє асиміляції неметалічних включень, що у свою чергу сприяє зниженню вмісту шкідливих домішок, наприклад сірки, кисню в розплав заліза. За рахунок вибору різних співвідношень алюмінію й оксиду алюмінію можна регулювати процес шлакоутворення. Експериментально встановлено, що оптимальним є введення в композицію металевому алюмінію від 6 до 15% загальної маси композиції. Саме така кількість алюмінію дозволяє запобігти зниженню здатності композиції до очищення розплаву від небажаних чи шкідливих домішок, дозволяє забезпечити оптимальні умови шлакоутворення, а також сприяє створенню оптимальних умов для протікання процесу легування сталі. Так само експериментально було встановлено, що оптимальним є введення оксиду алюмінію в композицію в кількості від 5 до 15% від загальної маси композиції, що дозволяє забезпечувати зниження в'язкості шлаку до значень, при яких відбувається істотне прискорення шлакоутворення, а також запобігти насичення шлаку тугоплавким глиноземом ( $Al_2O_3$ ). Таким чином, включення до складу композиції для прямого легування сталі марганцем металевому алюмінію  $Al_{met}$  і оксиду алюмінію  $Al_2O_3$  дозволяє забезпечити прискорення процесу шлакоутворення, що у свою чергу дозволяє підвищити ефективність металургійних процесів і знизити виробничі витрати.

Для одержання рідкоактивного шлаку до складу суміші введені легкоплавкі компоненти: оксид натрію й оксид калію в кількості 1-5 мас. %. Експериментально встановлено, що введення в композицію легкоплавких компонентів у кількості, зазначеній вище, дозволяє запобігти небажаного збільшення в'язкості шлаку, погіршення умов пла-

влення суміші і підвищення часу обробки розплаву заліза, а також сприяє підвищенню ефективності процесу легування сталі.

Оксид алюмінію ( $Al_2O_3$ ), що міститься в композиції, двоокис кремнію ( $SiO_2$ ), що завжди міститься в оксидних марганцевмісних матеріалах, і той, що виникає в результаті відновлення марганцю кремнієм, у сукупності із  $CaO$  утворюють трикомпонентний шлак системи  $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  зі значно меншою ( $<1300^\circ C$ ) температурою плавлення, ніж температура сталеплавильних процесів ( $>1500^\circ C$ ). Такий шлак, у присутності оксидів лугоземельних металів ( $K_2O+Na_2O$ ) для забезпечення його рідкоплавності, після утворення знаходиться в безпосередньому контакті з алюмінатами, що виникають під час відновлення марганцю з його оксидів алюмінієм, що забезпечує більш оптимальні умови їхнього видалення на поверхню металу в сталевому розливному ковші.

Переважним є виконання композиції для прямого легування сталі марганцем з наступним фракційним складом компонентів, %:

|              |           |
|--------------|-----------|
| менше 3,0мм  | $\geq 90$ |
| більше 3,0мм | $\leq 10$ |

Такий діапазон фракційних складів компонентів композиції пояснюється фізико-хімічними закономірностями ефективності їхнього використання і засвоєння. Відхилення фракційного складу в бік дрібнодисперсних часток недоцільно тому що вимагає додаткових витрат, але не дає помітного ефекту. Збільшення вмісту великодисперсних часток призводить до збільшення часу до початку контакту легуючих елементів і розплаву, тобто також є невиправданим. Застосування в складі композиції компонентів з великим розміром окремої частки знизить поверхню контакту оксидного марганцевмісного матеріалу і відновників і призведе до зменшення ступеня відновлення марганцю і, як наслідок, його засвоєння металом.

Композиція для прямого легування сталі марганцем піддається брикетуванню шляхом прямого об'ємного обтиснення без використання додаткових сполучних матеріалів. Одержувані цим способом брикети композиції можуть мати прямокутну, округлу чи іншу форму з близькими розмірами в усіх напрямках.

Таким чином, брикети з композиції для прямого легування сталі марганцем і оптимізації шлакового режиму виплавки сталі зберігають усі технологічні властивості вихідного матеріалу.

Приклад одержання композиції з її наступним брикетуванням, а також вплив зміни кількісного вмісту компонентів композиції для прямого легування сталі марганцем на якість сталі ілюструється наступними прикладами.

Приклад 1. Отримання композиції для прямого легування сталі марганцем з її наступним брикетуванням.

Компоненти композиції: оксиди марганцю, карбід кремнію  $SiC$ , оксиди ( $CaO+MgO+Fe_2O_3$ ), оксид кремнію  $SiO_2$ , металевий  $Si_{met}$ , металевий алюміній  $Al_{met}$  і оксид алюмінію  $Al_2O_3$ , при цьому композиція додатково включає оксиди лужних металів ( $K_2O+Na_2O$ ) піддали попередньому здрібнюванню, нормалізували вологість компонентів і кла-

сифікації по фракціях для одержання наступного фракційного складу компонент, %:

менше 3,0мм  $\geq 90$   
 більше 3,0мм  $\leq 10$ .

Потім композицію піддають непрямому об'ємному обтисненню без використання сполучних добавок до заданих розмірів брикету (10-30)х(20-40)х(30-50)мм відповідно.

Таким чином, композиція, що заявляється, для прямого легування сталі марганцем і брикети з зазначеної композиції забезпечують оптимальний хімічний склад і підвищення відновлювального та рафінувального і потенціалу шлакової фази за рахунок прискорення активізації ведучих хімічних компонентів шлакового розплаву, а також більш швидкого формування активної шлакової фази з заданими властивостями і мінімальними втратами вихідного матеріалу у вигляді пилу і диму, створюють оптимальні умови для прямого легування сталі марганцем.

Приклад 2. Киснево-конверторна виплавка сталі.

Здійснювали виплавку сталі марки СтЗСП. У кисневий конвертер завантажують металобрухт, заливають чавун. Виплавляють вуглецевий напівпродукт і випускають нерозкиснений метал у сталерозливальний ківш. З початком випуску металу

вводять матеріал, що уміщає вуглець, у вигляді вугілля марки АС у кількості 350кг. Після цього через видаткові бункери вводили в ківш 500кг композиції, що заявляється, у вигляді брикетів та інші феросплави та розкиснювачі, при цьому вміст компонентів у брикетах відповідав співвідношенню, що заявляється. Розмір брикету складав 20х30х40мм і був виготовлений з компонентів фракцією 0-3мм. Потім здійснюють продувку розплаву киснем.

До і після введення матеріалів у ківш відбирали проби металу на хімічний аналіз. Після цього проводили позапічну обробку сталі на установці "ківш-піч" і розливали її на сортовий МНЛЗ на заготовки перетином 150х150мм. На всіх технологічних етапах, починаючи з випуску сталі з конвертера і закінчуючи її розливанням, здійснювали виміри температури металу. Від отриманих заготовок відрізали темплети для визначення балу неметалічних включень за ДСТ 1778-70.

При прямому легуванні сталі марганцем за допомогою композиції, що заявляється в найближчому аналогу, що здійснювалося для порівняння з прямим легуванням сталі марганцем композицією, що заявляється, були отримані наступні показники (таблиця 1).

Таблиця 1.

| Тип композиції                  | Кількість до-<br>слідних пла-<br>вок, шт. | Ступінь за-<br>своєння мар-<br>ганцю, % | Бал немета-<br>лічних вклю-<br>чень, од. | Падіння тем-<br>ператури сталі<br>під час випус-<br>ку °С | Швидкість<br>розливу ста-<br>лі, м/хв. | Кількість зтя-<br>гувань рівча-<br>ків, шт. |
|---------------------------------|---|---|--|---|--|---|
| Композиція згідно ана-<br>лога  | 34  | 89,4                                    | 3,5-4,0                                  | 67  | 2,38                                   | 7   |
| Композиція, що заяв-<br>ляється | 27  | 93,6                                    | 2,5-3,0                                  | 55  | 2,57                                   | 0   |

Як впливає з показників, приведених у таблиці 1, застосування для прямого легування сталі марганцем композиції, що заявляється, дозволяє збільшити ступінь засвоєння марганцю (+4,2%), знизити забруднення металу неметалічними домішками до 2,5-3,0 бали, знизити втрати температури металу під час випуску в середньому на 12°С.

З прикладу видно, що брикет, що заявляється, може бути застосований у промисловому виробництві сталі з використанням існуючого металургійного устаткування.

Приклад 3. Електродугова виплавка сталі.

В електродуговій печі садкою 100 тонн здійснювали виплавку сталі марки S235J2G3. Здійснювали завалку металошихти, подачу шлакоутворюючих матеріалів, плавлення, проведення окисного і рафінувального періодів плавки, доведення розплаву до необхідної температури. При цьому в рафінувальний період плавки на дзеркало металу в електродугову піч подавали 650кг композиції, що заявляється, у вигляді брикетів для прямого легу-

вання сталі марганцем та інші феросплави і розкиснювачі, при цьому вміст компонентів у брикетах відповідав співвідношенню, що заявляється. Розмір брикету складав 20х30х40мм і був виготовлений з компонентів фракцією 0-3мм.

До і після введення матеріалів в електродугову піч відбирали проби металу на хімічний аналіз. Після цього проводили позапічну обробку сталі на установці "ківш-піч" і розливали її на слябовий МНЛЗ на заготівлі перетином 150х1200мм. На всіх технологічних етапах, починаючи з випуску сталі з електродугової печі і закінчуючи її розливанням, здійснювали виміри температури металу. Від отриманих слябів відрізали темплети для визначення макроструктури за ДСТ 14-1-235-91.

При легуванні сталі марганцем з використанням феромарганцю марки ФМн78, що здійснювалося для порівняння з прямим легуванням сталі марганцем композицією, що заявляється, були отримані наступні показники (таблиця 2).

Таблиця 2.

| Тип композиції             | Кількість дослідних плавок, шт. | Ступінь засвоєння марганцю, % | Бал макро-структури ЛПТ, од. | Падіння температури сталі в печі, °С | Швидкість розливу сталі, м/хв. | Кількість за-тягувань рів-чаків, шт. |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Феромарганець ФМн78        | 64                              | 72,4                          | 3,0 - 4,5                    | 47                                   | 0,83                           | 4                                    |
| Композиція, що заявляється | 43                              | 83,2                          | 2,0-2,5                      | 32                                   | 0,87                           | 0                                    |

Як впливає з показників, приведених у таблиці 2, застосування для прямого легування сталі марганцем композиції, що заявляється, дозволяє збільшити ступінь засвоєння марганцю (+10,8%), знизити забруднення металу неметалічними домішками до 2,0-2,5 бали, знизити втрати температури металу в печі в середньому на 15°C.

З прикладу видно, що брикет, що заявляється, може бути застосований у промисловому виробництві сталі з використанням існуючого металургійного устаткування.

Приклад 4. Позапічна обробка сталі на установках типу «ківш-піч».

Здійснювали випуск напівпродукту сталі марки СтЗСП зі сталеплавильної печі в ківш, подачу в ківш у процесі випуску розплаву розкиснювачей, марганцевмісних матеріалів і шлакоутворюючих матеріалів, і продувку розплаву нейтральним газом. При цьому, після доставки ковша з металом на установку для позапічної обробки сталі "ківш-піч" одночасно з присадкою вапна на дзеркало

металу механізованим способом здійснювали подачу 300кг композиції, що заявляється, у вигляді брикетів для прямого легування сталі марганцем, при цьому вміст компонентів у брикетах відповідав співвідношенню, що заявляється. Розмір брикету складав 20х30х40мм і був виготовлений з компонентів фракцією 0-3мм.

До і після введення матеріалів на установці позапічної обробки "ківш-піч" відбирали проби металу на хімічний аналіз і здійснювали виміри температури металу. Після позапічної обробки сталь розливали в злитки масою 5,6 тонн сифонним способом. Від отриманих сортових заготовель відрізали темплети для визначення балу неметалічних включень за ДСТ 1778-70.

При легуванні сталі марганцем з використання феромарганцю марки ФМн78, що здійснювалося для порівняння з прямим легуванням сталі марганцем композицією, що заявляється, були отримані наступні показники (таблиця 3).

Таблиця 3.

| Тип композиції             | Кількість дослідних плавок, шт. | Ступінь засвоєння марганцю, % | Падіння температури металу, °С | Бал неметалічних включень, од. | Тривалість обробки, хв. |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Феромарганець ФМн78        | 33                              | 94,7                          | 4                              | 3,0-3,5                        | 44                      |
| Композиція, що заявляється | 28                              | 99,8                          | 3                              | 2,5-3,0                        | 42                      |

Як впливає з показників, приведених у таблиці 3, застосування для прямого легування сталі марганцем композиції, що заявляється, дозволяє збільшити ступінь засвоєння марганцю (+5,1%), знизити забруднення металу неметалічними домішками до 2,5-3,0 бали, знизити втрати температури металу в середньому на 1°C, а тривалість обробки на 2 хвилини.

З прикладу видно, що брикет, що заявляється, може бути застосований у промисловому виробництві сталі з використанням існуючого металургійного устаткування.

Таким чином, композиція, що заявляється, для прямого легування сталі марганцем за рахунок свого оптимізованого хімічного складу дозволяє забезпечити підвищення ефективності металургійних процесів і якісних характеристик металів, оптимізацію шлакового режиму процесу виплавки сталі, створення оптимальних умов для прямого легування сталі марганцем, а також дозволяє забезпечити зниження матеріальних витрат на здійснення металургійних процесів.