

Винахід належить до металургії, зокрема - до позапічних способів обробки сталей у ковші порошкоподібними реагентами.

Відомий спосіб позапічної обробки сталі, що включає випуск рідкого металу у ківш, розкислення та модифікування його у ковші алюмінієм та матеріали, що містять кальцій [Кудрик В.А. Металургія сталі. - М.: Металургія, 1981, с 161-162].

Недоліком даного способу є нерегламентована подача матеріалів, що містять кальцій, у ківш за одиницю часу, що приведе до підвищеного вигару кальцію і погіршення якості металу.

Найбільш близьким за технічною суттю та досягненим результатом до передбачуваного є спосіб обробки сталі, що включає випуск розплаву у ківш, присадку розкислювачів - алюмінію та матеріалів, що містять кальцій, легуючих та продувку металу інертним газом під шлаком, причому алюміній присаджують за 0,5-3,0 хв. до початку продувки у кількості 0,1-1,0 кг/т сталі на кожну тисячну відсотка понад  $(1 \times 10^{-3})\%$  кисню, розчиненого у металі, і підтримують у процесі продувки вміст кисню  $(2-10) \times 10^{-3}\%$  присадками розкислювачів [Авт.св. СРСР № 1371980, кл. С 21 С 7/00, 1988].

Недоліком даного способу є те, що матеріали, які містять кальцій, вводяться нерегламентоване і тривалість продувки після обробки не співвідноситься з кількістю введеного кальцію, що не дозволяє модифікувати всі неметалеві вкраплення (в першу чергу - алюмінати) і приводить до погіршення якості металу при перевитраті кальцію.

В основу винаходу поставлена задача удосконалити спосіб позапічної обробки рідкої сталі шляхом регламентації швидкості подачі матеріалів, що містять кальцій до сталерозливного ковша за одиницю часу в залежності від вмісту [S] та установлення тривалості продувки інертним газом в залежності від тривалості введення матеріалів, що містять кальцій та вмісту [S], що забезпечить поліпшення якості сталі, модифікування неметалевих вкраплень та підвищення ступеня усвоєння кальцію.

Суть винаходу полягає у тому, що в способі позапічної обробки рідкої сталі, який включає в себе випуск розплаву у ківш, присадку розкислювачів - алюмінію та матеріалів, що містять кальцій, легуючих та продувку металу інертним газом під шлаком, при вмістові [S] у металі перед обробкою  $< 0,010\%$  швидкість введення матеріалів, що містять кальцій, складає 0,035-0,052 кг Са/т.хв., а при вмістові [S] у металі перед обробкою  $> 0,010\%$  швидкість введення матеріалів, що містять кальцій, складає 0,053-0,080 кг Са/т.хв., при цьому співвідношення між тривалістю продувки інертним газом після обробки та тривалістю введення матеріалів, що містять кальцій складає у першому випадку (0,4-0,7): 1, а у другому випадку (0,8-1,0): 1.

Загальними з прототипом істотними ознаками винаходу є:

- присадка у ківш розкислювачів - алюмінію та матеріалів, що містять кальцій;
- продувка металу інертним газом під шлаком.

Відзначними від прототипу істотними ознаками є:

- швидкість введення матеріалів, що містять кальцій у ківш складає 0,035-0,052 кг Са/т.хв. при вмістові [S]  $< 0,010\%$ ;
- швидкість введення матеріалів, що містять кальцій у ківш складає 0,053 - 0,080 кг Са/т.хв при вмістові [S]  $> 0,010\%$ ;
- тривалість продувки інертним газом складає (0,4-0,7):1 тривалості введення матеріалів, що містять кальцій при [S]  $< 0,010\%$ ;
- тривалість продувки інертним газом складає (0,8-1,0):1 тривалості введення матеріалів, що містять кальцій при [S]  $> 0,010\%$ .

Між сукупністю істотних прикмет заявлюваного способу позапічної обробки та технічним результатом, якого буде досягнуто, існує причинно-наслідковий зв'язок. Так, тільки при зазначеній швидкості введення матеріалів, що містять кальцій, у сталерозливний ківш, досягається найвища здатність рідкої ванни усвоювати кальцій за одиницю часу. При цьому, при вмістові [S] у сталі  $< 0,010\%$  кількість кальцію, що поступає у ванну за одиницю часу, повинна бути більшою, бо в цьому випадку значна частина кальцію, взаємодіючи з сірою, утворює сульфід кальцію, який, частково обволікаючи глиноземні вкраплення, перешкоджає їх глобуляризації. А співвідношення між тривалістю продувки інертним газом після обробки і тривалістю введення матеріалів, що містять кальцій у зазначених межах дозволить рівномірно розподілити кальцій, глобуляризувати неметалеві вкраплення по всьому об'єму металу та перевести значну частину у шлак при мінімально необхідній кількості кальцію і все разом значно поліпшити якість металу.

Загальна кількість матеріалів, що містять кальцій, присаджуваних у ківш, різна для кожної групи марок сталей і устанавлюється дослідним шляхом.

Проведений аналіз показав, що заявлюваному винаходові властива новизна та винахідницький рівень і саме названа сукупність ознак забезпечує технічний результат - поліпшення якості сталі, модифікування неметалевих вкраплень та підвищення ступеня засвоєння кальцію.

Слід відзначити, що введення необхідної кількості матеріалів, що містять кальцій з названою швидкістю можливе в основному при використанні порошкового дроту.

У разі використання кускових або порошкоподібних матеріалів (вдування у струмені газу) важко витримати зазначені межі.

Заявлений спосіб позапічної обробки використовується таким чином:

У сталеплавильному агрегаті виплавляють сталь заданої марки і випускають у ківш, проводячи розкислення алюмінієм. Перед введенням матеріалів, що містять кальцій, повинен бути відомий вміст [S] у металі, в залежності від місця введення матеріалів, що містять кальцій, це може бути проба металу під час випуску, якщо не проводились інші технологічні операції, наприклад присадка ТШС з ціллю десульфурзації, або спеціально відібрана проба після випуску сталі перед обробкою. При вмістові [S] у металі  $< 0,010\%$  необхідну кількість матеріалів, що містять кальцій, у вигляді порошкового дроту вводять у ківш трайбапаратом з швидкістю 0,035-0,052 кг Са/т.хв. При такій швидкості досягається найвища здатність рідкої ванни засвоювати кальцій за одиницю часу. При цьому кальцій модифікує неметалеві вкраплення при мінімально необхідній його кількості.

При вмістові  $[S] > 0,010\%$  матеріали, що містять кальцій, вводять у ківш з швидкістю 0,053-0,080 кг Ca/т.хв., тому що у даному випадку значна частина кальцію втрачається на утворення CaS, який, частково обволікаючи глиноземні вкраплення, перешкоджає їх ло-буляризації. Після введення матеріалів що містять кальцій, виконують продувку металу інертним газом під шаром шлаку, причому при вмістові  $[S] < 0,010\%$  відношення тривалості продувки до тривалості введення матеріалів, що містять кальцій складає (0,4-0,7):1, а при вмістові  $[S] > 0,010\%$  це співвідношення складає (0,8-1,0):1.

Тривалість продувки у названих межах дозволяє рівномірно розподілити кальцій, глобулізувати неметалеві вкраплення по всьому об'єму металу та перевести значну їх частину в шлак. При вмістові  $[S]$  у металі  $> 0,010\%$  вимагається трохи довше продувати оброблений матеріалами, що містять кальцій, рідкий метал, тому що у цьому випадку утворюється велика кількість неметалевих вкраплень і відповідно вимагається більше часу для того, щоб їх модифікувати і по можливості перевести в шлак.

При швидкості введення матеріалів, що містять кальцій нижче 0,035 кг Ca/т.хв. ( $[S] < 0,010\%$ ) за одиницю часу у ванну поступає недостатня кількість кальцію і не всі металеві вкраплення модифікуються.

При швидкості введення матеріалів, що містять кальцій більший, ніж 0,052 кг Ca/т.хв. ( $[S] < 0,010\%$ ) за одиницю часу у ванну поступає більше необхідної кількості кальцію, що приводить до його перевитрати, підвищеного угару і погіршення якості металу.

При швидкості введення матеріалів, що містять кальцій нижче 0,53 кг Ca/т.хв. ( $[S] > 0,010\%$ ) кальцію, що надходить, недостатньо для модифікування неметалевих вкраплень, так як утворювані сульфіди кальцію частково перешкоджають глобуляризації глиноземних вкраплень.

При швидкості введення матеріалів, що містять кальцій, більший за 0,080 кг Ca/т.хв. ( $[S] > 0,010\%$ ) за одиницю часу кальцію буде надходити більше ніж необхідно, значна його частина буде витратиться на утворення CaS, а той Ca, що залишився, не може у повній мірі з модифікувати неметалеві вкраплення через те, що вони обволікаються плівкою CaS, що приводить до погіршення якості металу.

При відношенні тривалості продувки до тривалості введення матеріалів, що містять кальцій менший ніж 0,4 :1 ( $[S] < 0,010\%$ ) кальцій не буде рівномірно розподілятися по всьому об'єму металу і не всі неметалеві вкраплення будуть з модифіковані.

При відношенні тривалості продувки до тривалості введення матеріалів, що містять кальцій більший, ніж 0,7 : 1 ( $[S] < 0,010\%$ ), понизиться ступінь усвоєння кальцію та ефективність його використання.

При відношенні тривалості продувки до тривалості введення матеріалів, що містять кальцій менш, ніж 0,8 ( $[S] > 0,010\%$ ), неметалеві вкраплення не будуть модифіковані по всьому об'єму металу.

При відношенні тривалості продувки до тривалості введення матеріалів, що містять кальцій більш, ніж 1,0 ( $[S] > 0,010\%$ ), значна частина неметалевих вкраплень, особливо CaS, буде нерівномірно розподілена і зосереджена в основному у верхніх шарах металу, що погіршить якість.

Заявлюваний Спосіб позапічної і обробки рідкої сталі використовувався при розкисленні та модифікуванні сталей 09Г2ФБ, St 52,3 у 350-тонному ковші на установці доводки металу. Спочатку виконували розкислення сталі алюмінієм у кількості і 1,5-2,0 кг Al/т сталі, відбирали пробу та з'ясовували вміст  $[S]$ , а потім за допомогою трайбапарата вводили необхідну кількість силікокальцію (СКЗО) у вигляді порошкового дроту 13 мм з потрібною швидкістю. Після введення порошкового дроту виконували продувку металу інертним газом під шаром шлаку. Тривалість продувки визначали виходячи з тривалості введення матеріалів, що містять кальцій.

Для дослідження макроструктури та якості поверхні металопрокату виконували масовий металографічний контроль в об'ємі ГОСТ та ТУ.

У табл.1 представлені умови проведення досліджень і результати оцінки якості макроструктури та поверхні металопрокату. Відношення тривалості продувки інертним газом до тривалості введення матеріалів, що містять кальцій під час обробки сталі St 52,3, складало 0,9, а під час обробки сталі 09Г2ФБ-0,6.

У табл.2 представлені результати оцінки якості макроструктури та поверхні металопродукції при різному співвідношенні

5 тривалості продувки до тривалості введення матеріалів, що містять кальцій. Швидкість введення порошкового дроту з SiCa при обробці сталі 09Г2ФБ - 0,040 кг Ca/т.хв.

Як видно з приведених даних, при використанні заявлюваного винаходу в порівнянні з прототипом значно зменшено брак по плені та розривині, Усі неметалеві вкраплення модифіковані. Ступінь усвоєння кальцію набагато вища.

З представлених у табл.1 та табл.2 даних видно, що максимальний позитивний ефект, що полягає у підвищенні якості сталі,

модифікуванні неметалевих вкраплень та підвищенні ступеня усвоєння кальцію досягається повною мірою тільки у випадку збігу усіх прикмет заявлюваного способу позапічної обробки рідкої сталі з оптимальними величинами, що є предметом винаходу.

№ плавки	Марка сталі	[S], перед обробкою, %	Швидкість введення матеріалів, що містять кальцій		Витрата силіко-кальцію, кг/т	Тривалість введення, $\tau_1$ , хв.	Тривалість продувки, $\tau_2$ , хв.	Відношення $\tau_2/\tau_1$	Ступінь усвоєння Са, %
			м/с	кгСа/т.хв					
1	09Г2ФБ	0,009	3,0	0,030	1,2	12,0	7,2	0,6	10
2	—	0,008	3,4	0,034	1,2	10,6	6,4	0,6	13
3	—	0,007	3,5	0,035	1,2	10,3	6,2	0,6	17
4	—	0,008	4,0	0,040	1,2	9,0	5,4	0,6	20
5	—	0,006	5,2	0,052	1,2	6,9	4,2	0,6	18
6	—	0,007	5,3	0,053	1,2	6,8	4,1	0,6	12
7	—	0,008	6,0	0,060	1,2	6,0	3,6	0,6	10
8	St 52,3 тип 1,2	0,016	4,5	0,045	1,2	8,0	7,2	0,9	9
9	—	0,014	5,2	0,052	1,2	6,9	6,2	0,9	12
10	—	0,017	5,3	0,053	1,2	6,8	6,1	0,9	18
11	—	0,018	7,0	0,070	1,2	5,1	4,6	0,9	20
12	—	0,012	8,0	0,080	1,2	4,5	4,1	0,9	19
13	—	0,014	8,1	0,081	1,2	4,4	4,0	0,9	13
14	—	0,010	8,5	0,085	1,2	4,2	3,8	0,9	20
15 (прото-тип)	09Г2ФБ	0,009	—	1,2	1,2	1,0	—	—	8

№ плавки	Марка сталі	[S], перед обробкою, %	Швидкість введення матеріалів, що містять кальцій, кгСа/т.хв	Тривалість введення, $\tau_1$ , хв.	Тривалість продувки, $\tau_2$ , хв.	Відношення $\tau_2/\tau_1$	Ступінь усвоєння Са, %
1	09Г2ФБ	0,008	0,040	9,0	2,7	0,3	14
2	—"	—"	0,040	9,0	3,6	0,4	18
3	—"	—"	0,040	9,0	4,5	0,5	20
4	—"	—"	0,040	9,0	5,4	0,6	18
5	—"	—"	0,040	9,0	6,3	0,7	14
6	—"	—"	0,040	9,0	9,0	1,0	13
7	St 52,3	0,013	0,070	5,1	3,57	0,7	14
8	—"	—"	0,070	5,1	4,16	0,8	19
9	—"	—"	0,070	5,1	4,59	0,9	20
10	—"	—"	0,070	5,1	5,1	1,0	18
11	—"	—"	0,070	5,1	5,61	1,1	14
12	—"	—"	0,070	5,1	6,12	1,2	13