

Корисна модель відноситься до галузі металургії, зокрема, до розкислення сталі.

Основним завданням розкислення є зниження концентрації розчиненого у металі кисню до межі, яка гарантує одержання якісного прокату.

Для цієї мети використовують розкислювачі, які мають велике сродство до кисню - силікомарганець, феросиліцій та алюміній.

Силікомарганець та феросиліцій, як правило, у шматках 30-50мм додають по мірі заповнення ковша, а алюміній починають додавати на заключній стадії розкислення. Присадку усіх розкислювачів завершують до появи окиснюваного пічного шлаку.

Отже, при розкисненні сталі у ковші алюмінієм, шляхом вводу під струю металу чунів чи гранул, чад алюмінію складає 70-95% [1-3].

Недоліком металевого алюмінію як розкислювача є мала щільність ($2,7\text{г/см}^3$), у разі чого він не заринає у рідку сталь, і, плаваючи на її поверхні окислюється шлаком і атмосферою.

Разом з тим, у випадку великих хитань окислюваності металу від плавки до плавки, адже при виплавці однієї марки сталі, вміст алюмінію у металі хитається у широких межах, що веде до нестабільності механічних властивостей та погіршенню службових показників готової продукції.

Не дав позитивних підсумків ввід алюмінію у вигляді чунів на хибному стопорі до випуску металу із-за контакту з атмосферою і шлаком [3].

У металургійній практиці використовується засіб примусового вводу у метал алюмінієвих злитків після випуску у ківш плавки [4]. У цьому випадку ступень засвоєння алюмінію збільшується до 40-50%.

Отже, при виплавці сталі з низьким вмістом сірки (менш $0,010\%$), для забезпечення десульфурзації, алюміній необхідно присаджувати у ківш на початку випуску плавки одночасно з шлакообразуючими сумішами.

Дослідженнями [5-7] показана доцільність використання для розкислення сталі фероалюмінію.

Встановлено, що використання низькопроцентного фероалюмінію (Al - 12-16%, щільністю $5,5-7,0\text{г/см}^3$) і високопроцентного фероалюмінію (Al - 34,2-51,5%, щільністю $4,0-5,8\text{г/см}^3$) приводить до підвищення ступені усвоєння алюмінію та зниженню його расходу у 1,5-3,0 рази.

Перевагою фероалюмінію, у зрівнянні з алюмінієм, є те, що він має щільність ($4,0-7,0\text{г/см}^3$) - більш ніж у шлаку ($3-3,5\text{г/см}^3$), з температурою плавлення ($1150-1350^\circ\text{C}$).

Відомий засіб виробництва фероалюмінію методом сплавлення рідкого алюмінію з рідким чавуном чи сталлю. У цьому випадку алюміній розплавляють в ковші газовим пальником, а потім у ківш заливають необхідну кількість сталі із сталювша (фероалюміній містив 45-52% Al) [1].

Недоліком цього способу є високий чад алюмінію і неоднорідність його складу.

Високий чад алюмінію (20-30%) обумовлений його розплавленням за допомогою газового пальника з надлишком кисню (окислювальна атмосфера), а також при злитті у ківш з рідким алюмінієм розплав сталі з високою температурою. Неоднорідність хімічного складу фероалюмінію є наслідком випуску розплаву сталі у ківш з неповністю розплавленим алюмінієм і надмірно низькою температурою.

У засобі [7] фероалюміній плавлять у 3-х тонній електродуговій печі. Спочатку плавлять залізо, потім для зниження чаду на дзеркалі металу наводили розкислюючий шлак та додавали алюміній при вимкнених електродах (вміст алюмінію у фероалюмінії 12-51%), який вибраний у якості прототипу.

До недоліку цього способу отримання фероалюмінію треба віднести нестабільність його складу, обумовлений складністю вводу алюмінію з низькою щільністю у спокійний розплав з щільністю у 2,5 рази вищою ніж щільність алюмінію.

Механізм процесу може бути продемонстровано наступною схемою: у дуговій печі розплавляють бухт заліза, на поверхні розплаву наводять розкислюючий шлак (щільність шлаку $3-3,5\text{г/см}^3$) і присаджують алюміній (щільність $2,7\text{г/см}^3$).

У результаті низької температури плавлення 650°C алюміній розплавляється та плаває на поверхні шлаку. Змішування розплаву за допомогою гребків мало ефектно з точки зору усвоєння алюмінію металом, оскільки алюміній плаваючи на поверхні шлаку в значній мірі окислюється атмосферою.

Чад алюмінію досягає 40%, а масова доля алюмінію у фероалюмінії хитається від 12 до 51%.

Змішування розплаву шляхом подачі навантаження на електроди веде до ще більшого чаду алюмінію.

Другим недоліком отриманого по відомому способу фероалюмінію є те, що при вмісті алюмінію більш 30% сплав має схильність до розтріскування.

Мета корисної моделі - підвищення техніко-економічних показників виробництва фероалюмінію (зниження чаду алюмінію, підвищення однорідності складу, зниження схильності до розтріскування).

В основу корисної моделі поставлене завдання - удосконалення засобу виробництва фероалюмінію шляхом оптимізації температурного режиму плавки, регламентації розміру, маси та способу присадки у піч шихтових матеріалів, а також модифікації розплаву.

Поставлене завдання досягається тим, що у способі виробництва фероалюмінію (чугалю), який вміщує сплавлення брухту чорних металів з алюмінієм, у розплав брухту чорних металів, нагрітий до температури не більш ніж на 50°C перевищуючу температуру ліквідусу, присадку алюмінію здійснюють у декілька прийомів, а у розплав алюмінію, присадку брухту чорних металів з розміром шматків не більш 100мм здійснюють у декілька прийомів у кількості не більш 10% від маси алюмінію за один прийом, причому кожен наступну присадку здійснюють після розплавлення попередньої, крім того, після змішування розплавів брухту чорних металів та алюмінію здійснюють усереднюючу продувку рідкого фероалюмінію інертним газом.

При необхідності, на заключній стадії процесу у розплав фероалюмінію додають модифікуючі добавки у кількості 0,05-5,0%.

Перелічені ознаки складають суть корисної моделі і є необхідними у любых варіантах реалізації корисної моделі та достатніми для досягнення поставленої мети.

Нові у зрівнянні з прототипом ознаки корисної моделі:

1. Температура розплаву брухту чорних металів не більш ніж на 50°C перевищує температуру ліквідусу.
2. Присадку у розплав матеріалів здійснюють у декілька прийомів.
3. Розмір шматків брухту чорних металів, доданих у розплав алюмінію, не більш 100мм.
4. Кількість брухту чорних металів доданої за один прийом не більш 10% від маси розплаву алюмінію.
5. Присадку послідовної порції брухту чорних металів здійснюють після розплавлення попередньої.

6. Після змішування розчинів брухту чорних металів та алюмінію здійснюють усереднюючи продувку інертним газом.

7. При необхідності у розплав додають модифікуючі добавки.

Температуру розплаву брухту чорних металів вибирають у залежності від виду шихтових матеріалів. Наприклад, при використанні брухту чавуна з вуглецем 4% температура ліквідусу складає 1250°C, а при використанні брухту заліза температура ліквідусу складає 1500°C.

При використанні для виробництва фероалюмінію брухту чавуну, отриманий сплав класифікують як „чугаль”.

Таким чином, температура брухту чорних металів відповідно корисної моделі складає 1300-1550°C.

Перегрів розплаву брухту чорних металів не більш ніж 50°C над температурою ліквідусу, та присадка шихтових матеріалів у декілька прийомів забезпечать оптимальний температурний режим при мінімальному чаді алюмінію.

Обмеження розміру шматків брухту чорних металів (не більш 100мм) та його кількості, доданого за один прийом (не більш 10% від маси алюмінію), а також присадка наступної порції матеріалу після розплавлення попередньої забезпечать оптимальні умови розчинення матеріалів у розплаві при мінімальному чаді алюмінію.

Усереднююча продувка розплаву інертним газом приведе до однорідності хімічного складу фероалюмінію, а присадка у розплав модифікуючих добавок суттєво зменшить схильність фероалюмінію до розтріскування.

При виплавці фероалюмінію по замовленому регламенту чад алюмінію складатиме 10-15%.

Використання замовленого способу виробництва фероалюмінію (чугалю) може бути продемонстроване на наступних прикладах.

Розрахунок складу шихти

Фероалюміній (чугаль) передбачається виплавляти у 3-х т (по чавуну) інжекційній печі. Об'єм печі

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{3}{7} = 0.429 \text{ м}^3$$

Склад 1 (30%Al+70% чавун) Щільність -4,14г/см³

Склад 2 (50%Al+50% заліза) Щільність -3,89г/см³

Враховуючи щільність отриманих сплавів у печі місткістю 3т може бути виплавлено 0,429·4,74=2т чугуля складу 1, чи 0,427·3,89=1,7т фероалюмінію складу 2.

Приклад 1. Для виплавки чугуля складу 1 потрібно

$$\text{Алюмінію АВ-87} \frac{2 \times 03}{0,87 \times 090} = 0,766 \text{ т}$$

де: 03 - масова частка алюмінію у чугулі;

087 - масова частка алюмінію в повторному алюмінії;

090 - засвоєння алюмінію під час випуску з печі у ківш рідкого металу (чад алюмінію 10%).

$$\text{Брухт чавуну} \frac{2 \times 0,7}{0,95} = 1,5 \text{ т}$$

де: 095 - вихід придатного (чад брухту чавуну 5%)

У піч завантажують 1,5т брухту чавуну, здійснюють його розплавлення Т 1250С (температура ліквідусу) і нагрівають до 1300С, після скачування шлаку у піч присаджують 081т алюмінію у 3-4 прийоми. Після розплавлення останньої порції алюмінію плавку випускають. Отриманий чугаль має 30% алюмінію і 70% чавуну.

$$\text{Маса -2,0т. Вихід придатного} \frac{2,0}{2,27} \times 100 = 88\%$$

Приклад 2. Для виплавки фероалюмінію складу 2 потрібно:

$$\text{Алюмінію АВ-87} \frac{1,7 \times 05}{0,87 \times 085} = 1,149 \text{ т}$$

де: 03 - масова частка алюмінію у фероалюмінії;

087 - масова частка алюмінію в повторному алюмінії;

085 - засвоєння алюмінію під час його розплавлення у печі (чад алюмінію 15%).

Брухт заліза 1,7×05=0,85т.

У піч завантажують 1,149т алюмінію здійснюють його розплавлення Т=700-800°C, потім у піч присаджують 0,85т брухту заліза в шматках не більш 100мм, у 8-10 прийомів, причому кожен наступну порцію металобрухту присаджують після розплавлення попередньої. Отриманий фероалюміній містить 50% алюмінію і 50% заліза

$$\text{Маса -1,7т. Вихід придатного} \frac{1,7}{2,0} \times 100 = 85\%$$

Приклад 3. Фероалюміній складу 1 виплавляють методом змішення рідких розплавів металошихти та алюмінію.

Для цього розплавлення металошихти (чавуну або сталі) здійснюють в 3-х т печі методом переплавлення.

Приблизно за (30-60) хвилин до розплавлення металошихти в ківш завантажують алюміній. Після його розплавлення у ківш зливають плавку із печі. Чад алюмінію складає 5%. Після випуску плавки отриманий фероалюміній у ковші продувають інертним газом тривалістю 2-3 хвилин.

Отриманий фероалюміній містить 30% алюмінію і 70% заліза.

$$\text{Маса -2т. Вихід придатного} \frac{2,0}{2,23} \times 100 = 90\%$$

Приклад 4. У фероалюміній (чугаль), виплавлений у прикладах 1-3, на заключній стадії процесу (у прикладах 1 і 2 у піч за 3-5 хвилин до випуску плавки, а у прикладі 3 у ківш до початку продувки) присаджують модифікуючі добавки: кремнію і (чи), титану і (чи), цирконію та інші у кількості 0,05-5,0% від маси плавки. Після ретельного змішування розплаву плавку випускають.

Технічні показники, досягнуті у замовленому засобі, та засобі узятому у якості прототипу, приведені у таблиці.

Таблиця

Показники	Замовлений засіб	Прототип
Температура перегріву над ліквідусом, не більш	50°C	не регламентується
Режим присадки у розплав шихтових матеріалів	Декілька прийомів	не регламентується
Розмір шматків брухту заліза чи чавуну, мм, не більш	100	не регламентується
Кількість присадки брухту заліза чи чавуну за один прийом, %, від маси алюмінію, не більш	10	не регламентується
Присадка модифікуючих добавок, % від маси фероалюмінію	0,05-5,0	ні
Усереднююча продувка інертним газом, хвилин	2-3	ні
Стійкість до розтріскування	Стійкий	ні
Чад алюмінію, %	5-15	20-30

Із таблиці видно, що замовлений засіб має перевагу у зрівнянні з прототипом. Оскільки фероалюміній має однорідну структуру, володіє стійкістю до розтріскування та суттєво менший чад алюмінію.

Джерела інформації

1. Карп С.Ф. и др. Рациональный способ производства ферроалюминия. Сталь, 1962, №3, с.242.
2. Маринин А.В. и др. Влияние способа ввода алюминия на степень его усвоения и качество конвертерной стали. Сталь, 1970, №7, с.609-610.
3. Рабинович Б.И. и др. В сборнике «Проблемы стального слитка», вып.4 Metallurgia, 1969, с.206.
4. Авторское свидетельство СССР №518521 и №865930.
5. Емлин Б.И. и др. Раскисление конвертерной стали электротехническим ферроалюминием и сплавом ФАМС. Сталь, 1972, №8, с.702-704.
6. Ладьянов И.Н. Применение низкопроцентного ферроалюминия при раскислении спокойной стали. Сталь, 1958, №3.
7. Ладьянов И.Н. Применение высокопроцентного ферроалюминия при раскислении спокойной стали. Сталь, 1961, №3, с.222-225.