

к.т.н. Бакланський В.М., Ховалиц Ю.В.

Приазовський державний технічний університет, Україна

Експериментальні дослідження при розробці раціональної технології розкислення сталі, що містить миш'як

1. Методика проведення експериментів

Для оцінки впливу способів розкислення сталі марки СтЗсп на залишковий вміст кисню в металі проведена серія дослідних лабораторних плавок у високотемпературній печі Таммана.

У якості вихідного матеріалу використовували проби металу, відібрані з 360-тонного конвертера комбінату «Азовсталь» перед розкисненням з масовою часткою, %: вуглецю 0,04-0,07; марганцю 0,07-0,14; сірки 0,020-0,030; фосфору 0,008-0,015 і миш'яку 0,045-0,075. Навіску металу масою 0,6-0,7 кг в алундовому тиглі поміщали у піч і розплавляли. У рідкий метал вводили ферромиш'як, що містить 32,5 % As, з розрахунку одержання в сталі 0,08-0,15 % As і нагрівали сплав до 1600-1650 °С. Плавлення робили в атмосфері чистого аргону (99,8 % Ar), який подавали зі швидкістю 0,05 м³/год у робочу зону печі для створення в ній нейтральної атмосфери. Температуру контролювали термопарою ПР 30/6, що працює в комплексі з переносним потенціометром РЗ07, застосування якого виключав вплив струмів наведення на показання приладів.

Розкислення сталі дослідчених плавок проводили по одному з варіантів:

- кусковими матеріалами (осаджуюче розкислення);
- порошкоподібними розкислювачами;
- рідкими феросплавами;
- екзотермічними сумішами.

По кожному варіанту розкислень проведено 5 плавок, у ході яких відбирали по 12 проб. Першу пробу відбирали після досягнення заданої температури безпосередньо перед розкисленням. Після розкислення по кожному з варіантів метал перемішували протягом 5 хв. аргонем і відбирали проби через кожні 2 хв. протягом 20 хв. Відбір проб робили шляхом засмоктування у кварцову трубку діаметром 8 мм. При відборі першої проби у кварцову трубку попередньо поміщали алюмінієву стружку в кількості 1 % маси проби (0,2-0,3 г).

З кожної проби металу виготовляли по три стандартні зразки циліндричної форми (діаметром і висотою 6 мм) для визначення в них вмісту кисню методом вакуум-плавлення на ексхалографе «Бальцерс» ЕА-1 і апарату ТС-136 фірми «Леко».

Дані хімічних аналізів на вміст кисню з кожних п'яти паралельно проведених плавок із застосуванням одного з варіантів розкислення піддавали статистичній обробці з метою виключення неподставницьких даних і одержання кривій нормального розподілу.

2. Розкислення сталі СтЗсп

Кусковими матеріалами (осаджуюче розкислення). Основними елементами - розкислювачами в осаджуючому способі були кремній і марганець, які вводили у вигляді феросиліцію в комбінації із силікомарганцем або металевим марганцем, і алюміній. Розкислювачі подавали на поверхню металевої ванни в шматках розміром 5-10 мм.

Хімічний аналіз проб металу виявив, що масова частка вуглецю в зазначеній серії плавок змінювалася в межах від 0,05 перед розкисленням до 0,16-0,13 % наприкінці розкислення. Концентрація миш'яку залишалася незмінною у всіх пробах. Вміст кремнію й марганцю в цих сталях змінювалося в межах, припустимих для сталі марки СтЗсп.

З наведених у табл. 1 усереднених даних по зміні вмісту алюмінію, кремнію й кисню в рідкому металі впливає, що розчинення феросплавів протікає протягом 3-4 хв. і незважаючи на перемішування аргонном состав сталі до кінця процесу змінюється незначно. Зниження вмісту кисню в металі протікає інтенсивно в початковий період розкислення. Починаючи з 18 хв. послу розкислення спостерігається повторне окиснення металу киснем. Мінімальний рівень окиснюваності при осаджуючому способі розкислення склав 0,007 % кисню.

Таблиця 1 – Зміна составу ванни по ходу розкислення сталі СтЗсп осаджуючим засобом та порошкоподібним матеріалом

Час відбору проб по ходу розкислення, хвилин	Масова частка в пробах металу, %					
	кускові матеріали			порошкоподібні матеріали		
	Al	Si	[O]	Al	Si	[O]
	Перед введенням розкислювачів					
	-	0,07	0,0214	-	0,05	0,0210
	Після введення розкислювачів					
	0,054	0,31	0,0210	0,054	0,24	0,0136
2	0,054	0,31	0,0092	0,060	0,25	0,0123
4	0,050	0,31	0,0094	0,051	0,23	0,0105
6	0,055	0,29	0,0112	0,044	0,25	0,0076
8	0,053	0,33	0,0098	0,048	0,22	0,0076
10	0,051	0,23	0,0074	0,044	0,21	0,0046
12	0,048	0,24	0,0076	0,043	0,23	0,0030
14	0,049	0,30	0,0072	0,047	0,22	0,0058
16	0,049	0,25	0,0070	0,045	0,23	0,0079
18	0,048	0,24	0,0088	0,047	0,23	0,0063
20	0,048	0,24	0,0100	0,045	0,24	0,0066

Порошкоподібні розкислювачі (табл.1). У якості розкислювачів у другої серії плавок використовували порошкоподібні матеріали фракції 0,25 мм

алюмінію й силікокальцію, а для остаточного окиснення додатково - феросиліцію й металевого марганцю. Навіщення порошкоподібних розкислювачів з розрахунку 1,0 кг на тонну сталі поміщали у кварцову трубку діаметром 3,5-4,0 мм і видували струменем аргону протягом часу, що не перевищує 5 с.

Дані по зміні складу ванни й вмісту кисню наведені у табл. 1, з якої випливає, що процес розкислення сталі при даному варіанті закінчується за 10-12 хв. після введення розкислювачів.

Характерною рисою процесу розкислення по даному варіанту є більш швидке, у порівнянні з осаджуючим засобом, очищення металу від кисню. Мінімальна масова доза кисню була досягнута на 12-й хвилині й склала 0,003 %. У порівнянні з першим варіантом рівень окиснюваності нижче у два із зайвим разу. Вміст миш'яку в процесі розкислення не змінювалося.

Рідкі феросплави (табл.2). Для готування рідких лігатур у графітовому тиглі одночасно сплавляли передільний чавун, феросиліцій, силікомарганець і алюміній у спів відносинах, що забезпечують одержання необхідного хімічного складу комплексного розкислювача. Розкислення проводили шляхом переливу рідких феросплавів із графітового в тигель із алунду з розплавленим металом. Після змішання розплавів метал перемішували шляхом продувки аргонном.

Найменший вміст кисню досягається за більш тривале в порівнянні з описаними вище способами - 16 хв., воно становить 0,0022 %. Інші способи розкислення не забезпечують такого ефективного зниження рівня окиснюваності.

Як і в попередніх серіях плавок, вміст миш'яку при розкисленні сталі рідкими лігатурами не змінювалося.

Необхідно врахувати, що даний спосіб розкислення є єдиним при виробництві якісної високо вуглецевої сталі з фосфористого чавуну, оскільки рідка лігатура дозволяє вводити в метал необхідну кількість вуглецю.

Екзотермічні феросплави (табл. 2). Вивчення процесу розкислення сталі екзотермічними феросплавами проводили на трьох дослідних плавках.

В екзотермічних феросплавах паливом служив порошок алюмінію, окиснювачем - натрієва селітра. У якості флюсу використаний плавиковий шпат.

Масова частка складових частин екзотермічних брикетів, %: 3,7-4,0 алюмінію, 6,5-8,0 натрієвої селітри, 3-4 плавикового шпату, 4 каніфолі. Для їхнього готування вихідні матеріали (фракція 0,25 мм) ретельно перемішували й піддавали пресуванню в зразки циліндричної форми діаметром і довжиною 10 мм із наступним спіканням їх при температурі плавлення каніфолі (1200 °С) протягом 6 годин. Розкислення проводили шляхом занурення отриманих зразків, закріплених на металевій штанзі, під дзеркало металу.

Таблиця 2 - Зміна складу ванни по ходу розкислення сталі СтЗсп рідкими лігатурами та екзотермічними феросплавами

Час відбору проб по ходу розкислення, хвилин	Масова частка в пробах металу, %					
	рідкі феросплави			екзотермічні феросплави		
	Al	Si	[O]	Al	Si	[O]
	Перед введенням розкислювачів					
	-	0,05	0,0131	-	0,06	0,0233
	Після введення розкислювачів					
	0,048	0,31	0,0079	0,052	0,25	0,0066
2	0,048	0,31	0,0081	0,053	0,25	0,0045
4	0,047	0,33	0,0065	0,051	0,29	0,0042
6	0,048	0,32	0,0065	0,053	0,30	0,0042
8	0,045	0,31	0,0063	0,053	0,25	0,0051
10	0,046	0,30	0,0057	0,060	0,23	0,0045
12	0,043	0,30	0,0052	0,037	0,27	0,0048
14	0,044	0,31	0,0041	0,042	0,32	0,0060
16	0,045	0,33	0,0022	0,047	0,30	0,0066
18	0,044	0,32	0,0035	0,051	0,33	0,0078
20	0,042	0,33	0,0021	0,040	0,36	0,0085

Зміна середнього состава ванни по елементам, які розкислюють ванну, і кисню показані в табл. 2. Мінімальна масова частка кисню при цьому способі розкислення становить 0,0042 %, що є більш низкою, чим при осаджуючому засобі, але уступає глибині розкислення порошкоподібними розкислювачами й рідкими лігатурами.

Процес розкислення протікає швидко й закінчується на 4-6 хвилині, що можна пояснити прискоренням процесу плавлення феросплаву за рахунок теплоти екзотермічних добавок.

Подальша витримка металу в рідкому стані веде до повторного насичення металу киснем.

Хімічний аналіз металу на вміст у ньому миш'яку показав, що його концентрація не змінюється в процесі розкислення сталі цим засобом.

3. Оцінка технічної ефективності процесів розкислення

Ефективність процесів розкислення оцінювали за наступними критеріями: а) мінімальному вмісту кисню в розкисленій сталі; б) формі й кількості неметалічних включень у готовій сталі; в) вартості варіанта розкислення; г) величині вигару розкислювачів.

Зміна вмісту кисню, що характеризує глибину розкислення з різними засобами, показано на рис. 1, з якого випливає, що найбільш низький вміст кисню в металі забезпечують два засоби розкислення: рідкими лігатурами й порошкоподібними розкислювачами.

Ці ж засоби забезпечують і найменшу кількість неметалічних включень у металі, що впливає з аналізу фотографій мікрошліфів, отриманих з дослідних злитків металу, розкислених по різних варіантах. Крім того, включення в сталі, розкисленої порошкоподібним алюмінієм і силікокальцієм, мають глобулярну форму.

З порівнюваних варіантів осаджуючий і спосіб розкислення сталі порошкоподібними розкислювачами більш економічні.

Найнижчий вигар був отриманий при розкисленні сталі порошкоподібними матеріалами: вигар кремнію - 14,2, марганцю - 0, алюмінію - 94 %.

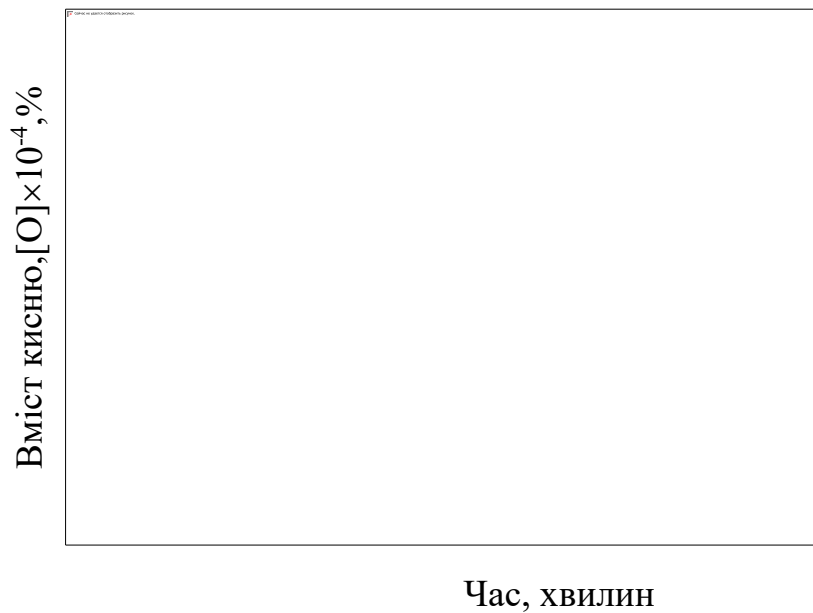


Рисунок 1 – Зміна вмісту кисню по ходу розкислення сталі СтЗсп різними засобами: 1 – осаджуючим; 2 – порошкоподібними матеріалами; 3 – рідкими лігатурами; 4 – екзотермічними феросплавами.

Трохи уступає цьому способу по ступеню ефективності використання розкислювачів технологія розкислення сталі з використанням рідких лігатур: вигар кремнію, марганцю й алюмінію в цьому випадку склав відповідно 27,0; 0 і 95,2 %, відповідно.

Миш'як при використанні всіх способів не виявляв впливу на процес розкислення - його концентрація залишалася на рівні вмісту у вихідному металі.

Беручи до уваги високу ефективність і економічність способу розкислення сталі СтЗсп, яка містить миш'як, порошкоподібними розкислювачами, а також найменше забруднення й сприятливу форму неметалічних включень у сталі слід рекомендувати цей спосіб до промислового виробництва маловуглецевих сталей.

Для виробництва середньо і високовуглецевих сталей рекомендується використовувати менш економічний засіб але він дозволяє вводити в сталь додаткову кількість вуглецю - це спосіб розкислення рідкими лігатурами.

Література

1. Разработать и проверить в опытно-промышленных условиях технологию конвертерного передела мышьяковистого чугуна, получаемого из керченских руд, в сталь высокого качества: Отчет о НИР. - Г. р. № 01828027512 / П.С Харлашин. - Жданов, 1986.- Ч.I-V.
2. Явойский В.И. Теория процессов производства стали / В.И. Явойский. – М.: Металлургия, 1967. - 824 с.
3. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. / М.Я. Меджибожский. – Киев-Донецк: Вища школа, 1979, – 280 с.
4. Явойский А.В. Научные основы современных сталеплавильных процессов / А. В. Явойский, П.С. Харлашин, В.С. Волошин. - Мариуполь, 2003 – 276 с.
5. Баптизманский В.И. Раскисление и легирование стали экзотермическими ферросплавами / В.И. Баптизманский, Е.И. Исаев, В.И. Жигулин и др. - К.: Техніка, 1970. - 180 с.
6. Кнюппель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали. Часть 1. Термодинамические и кинетические закономерности / Г. Кнюппель, Г.Н. Еланскаго. – М.: Металлургия, 1973. – 312 с.
7. Поволоцкий Д.Я. Раскисление стали. / Д.Я. Поволоцкий. – М.: Металлургия, 1972. – 208 с.
8. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: учебник для вузов / В.А. Кудрин. – М.: Мир, 2003. – 527 с.
9. Бигеев А.М. Теория и технология плавки стали / А.М. Бигеев, В.А. Бигеев. - Магнитогорск: МГТУ, 2000. – 544 с.