

УДК 669.184

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВНОЇ АЛЮМОТЕРМІЧНОЇ ПЛАВКИ¹

О. М. Сушков

*Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”*

Наведена технологія відновної алюмотермічної плавки вторинних ресурсоцінних ванадіймістких матеріалів. Проаналізовані процеси тепло та масообміну в системі шлак-метал. Досліджена поведінка ванадію в процесі відновної плавки.

Приведена технология восстановительной алюмотермическая плавки вторичных ресурсоценных ванадийсодержащих материалов. Проанализированы процессы тепло и массообмена в системе шлак-металл. Исследовано поведение ванадия в процессе восстановительной плавки.

The technology of aluminothermic reduction by smelting with recycling rich resources of vanadium-containing materials is described. Process of heat- and mass exchanges in the ash-metal system were analyzed. The behavior vanadium during melting is described.

Вступ

Ванадій широко використовується в різних галузях техніки, зокрема в металургії для легування чавуну і сталі. Цей метал є незамінним легуючим елементом з практично необмеженою сферою застосування в сталях і сплавах найрізноманітніших класів і призначень. Рівень механічних і інших властивостей, які відповідають ванадієвим сталям, за відсутності ванадію може бути збережений лише при комбінуванні добавок з числа таких металів, як ніобій, молібден, марганець, титан і вольфрам.

Постановка задачі дослідження

Проте широке застосування ванадієвих чавунів і сталей стримується високою вартістю і дефіцитом ванадієвих феросплавів. Слід також

¹ - роботу виконано під керівництвом д.т.н., професора Костякова В.М., фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України і к.т.н., доцента Волкотруба М.П., Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”

відзначити, що в Україні відсутня сировинна база для виробництва ферованадію. Разом з тим, в суміжних галузях промисловості ванадійвмісткі відходи (наприклад, відпрацьовані каталізatori, зола ТЕС), які можуть бути використані для отримання лігатур і шихтові заготовки.

У металургії при виробництві ванадієвих лігатур і сплавів широке розповсюдження здобула алюмотермічна плавка. Цей спосіб дозволяє отримувати чисті сплави з підвищеним вмістом ванадію, комплексні ванадієві лігатури і металевий ванадій. При алюмотермічній плавці в процесі протікання відновних реакцій оксиду ванадію алюмінієм виділяється достатньо велика кількість тепла, яке перевищує тепломісткість рідких продуктів реакції. Внаслідок цього в процесі плавки в шихту вводять баластні добавки для забезпечення нормальних швидкостей протікання відновних реакцій. Зазвичай як добавка вводять вапно, приблизно 40 кг на 100 кг оксиду V_2O_5 . для нормального протікання процесу отримання ванадійалюмінієвої лігатури.

Термодинамічний аналіз відновних реакцій показує, що за лімітуючу стадію процесу відновлення $V_2O_5 > V$ слід вважати відновлення нижчого VO .



Близькість температур плавлення оксиду V_2O_5 і Al приводить до того, що при їх взаємодії практично не спостерігаються так звані низькотемпературні відновні процеси, які визначаються взаємодією рідкого алюмінію з твердими оксидами. По аналогії з взаємодією заліза і хрому високотемпературне відновлення оксиду V_2O_5 алюмінієм протікає в дифузійній області, а, отже, найбільш повільною стадією виявляються процеси дифузії в шлаковій фазі.

Виходячи з цього, метою даної роботи було встановлення оптимальних параметрів отримання ванадійвмісткого сплаву із золи ТЕС способом пічної алюмініотермії.

Методика проведення експериментів

Сплав виплавляли в дуговій печі постійного струму ємністю 30кг. Струм 1000А джерело живлення АПР-400-3 показники прилад М-1109 термопара ВР-20/5 на приладі УПІТ. Як шихтові матеріали використовували чавун, золу ТЕС, алюмінієву стружку і вапно. Перед початком плавки готували суміш, що складається з подрібненої алюмінієвої стружки, золи і вапна зв'язуюче рідке скло або цемент. Плавки проводили в два періоди. У 1-му періоді розплавляли чавун для наведення рідкого болота і викачували шлак. Потім на поверхню металевої ванни подавали приготувану суміш в кількості 50 %мас. від загальної маси

суміші. Після повного розплавлення суміші при відключеній дузі на поверхню розплаву подавали алюмінієву стружку в кількості 15 %мас. від її вмісту в суміші і замішували в шлак, після чого включали дугу і проводили прогрівання шлаку і металу. Тривалість розкислювання шлаку складала 10 % від часу відновного періоду.

Перегрітий шлак при відключеній дузі зливали в шлаковницю. Потім знову включали дугу і порцію суміші, що залишилася, подавали на поверхню дзеркала металу і розплавляли. Після розплавлення суміші відключали дугу і на поверхню ванни подавали алюмінієву стружку у кількості 15 %мас від вмісту його в порції суміші, що залишилася, і замішували в шлак. Після прогрівання шлаку і металу дугою останні зливали у виливницю. Тривалість цього періоду плавки складала 20 %мас від часу відновлення.

Хімічний склад визначається GSM-метод енергетичної дисперсії, C, S, P- по ДСТП 12345, 12344, 12346.

Результати досліджень

Хімічний склад початкового чавуну і золи приведений (таблиця. 1 і 2).

Таблиця 1 Хімічний склад чавуну

Хімічний склад %мас.					
C	Si	Mn	Al	S	P
3,88	0,96	0,39	0,13	0,10	0,07

Таблиця 2 Хімічний склад золи

Хімічний склад %мас							
Fe ₂ O ₃	Ni	CaO	Cr ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	V ₂ O ₅	S
24,4	1,25	32,18	3,43	0,59	4,62	32,77	0,76

Як видимий, основними компонентами золи є оксиди заліза, кальцію і ванадію. Причому, спостерігається достатньо високий вміст оксиду кальцію. В таблиці. 3 і 4 приведений хімічний склад шлаку і металу 1-го періоду плавки.

Таблиця 3 Хімічний склад металу 1-го періоду плавки

Зміст елементів %мас						
C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	V
2,17	3,27	0,56	1,42	0,83	0,32	14,28

З приведених даних в таблиці. 3 і 4 витікає, що вже в 1 -му періоді плавки відбувається достатньо повне відновлення металів оксидів, що містяться в золі.

Таблиця 4 Хімічний склад шлаку 1-го періоду плавки

Компоненти шлаку, %мас							
CaO	Al ₂ O ₃	MgO	V ₂ O ₅	FeO	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO
48,79	43,55	2,09	2,04	1,86	0,72	0,80	0,13

При коефіцієнті рівноваги ванадію в шлаку і металі:

$$K = \frac{(V_2O_5)}{[V]} \quad (2)$$

рівному 0,1428, ступінь відновлення його з шлаку склав 92,26 %мас. При співвідношенні $\frac{CaO}{Al_2O_3} = 1,12$ в шлаку 1-го періоду плавки досягалася його висока рідкотекучість, що дозволяло зливати рідкий шлак без корольків металу.

Хімічний аналіз кінцевого шлаку і виплавленого металу показаний (таблиця 5 і 6).

Таблиця 5 Хімічний склад виплавленого метал

Вміст елементів, мас.%						
C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	V
1,60	1,60	0,70	2,44	1,22	0,47	21,88

Таблиця 6 Хімічний склад кінцевого шлаку

Компоненти шлаку, мас.%							
CaO	Al ₂ O ₃	MgO	V ₂ O ₅	FeO	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO
50,92	45,45	2,35	0,013	0,22	0,65	1,06	-

З цих даних видно, що в 2-му періоді плавки дифузійне розкислювання шлаку зменшує в нім зміст оксиду ванадію до 0,013, тобто майже в 15,7 разу. Коефіцієнт розподілу ванадію в металі і шлаку відповідно знижується до значення 0,0006. При такому значенні коефіцієнта рівноваг ванадію ступінь його відновлення з шлаку досягає майже 100 %мас.

Висновки

Виконані дослідження показали, що використання золи теплових електростанцій, що утворюється при спалюванні мазуту в топках парогенераторів, при виплавці ванадійвмістких сплавів економічно виправдано. При цьому найбільш переважно проводити пічну

алюмотермічну плавку в дугових печах постійного струму, в яких унаслідок особливостей взаємодії струму дуги з магнітним полем, що виникає в рідкій ванні, інтенсифікуються процеси тепло- і масо-передачі в металевій ванні. Це робить істотний вплив на поведінку ванадію в процесі відновної плавки. Як наслідок, при протіканні вказаних процесів досягається високий ступінь відновлення ванадію в процесі відновної плавки.

Література

1. Костяков В. Н., Полетаєв Є. Б. Поведення ванадія при жидкофазній плавке ванадійсодержащего концентрата // *Електрометаллургия стали и ферросплавов*, - 2006 – №4 - С. 54 – 56.
2. Костяков В. Н., Полетаєв Є. Б. Восстановление оксидов ванадия в железоуглеродистом расплаве // *Процессы литья*, - 2004 - №2 – С. 3 – 6.
3. Костяков В. Н., Полетаєв Є. Б. Влияние вида восстановителя на поведение ванадия при восстановительной плавке // *Процессы литья*, - 2004 - №3 – С. 3 – 6.