

Изобретение относится к черной металлургии и предназначено для использования при микролегировании стали.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является выбранный в качестве прототипа способ раскисления и микролегирования стали, по которому в разливочный ковш перед выпуском стали вводят смесь из дробленного ванадиевого шлака, плавикового шпата и 45% ферросилиция. Раскисление стали алюминием осуществляется присадкой алюминия на струю металла после заполнения ковша на 1/2 часть.

К недостаткам прототипа можно отнести следующее:

- недостаточный восстановительный потенциал смеси, в которой отсутствуют высокоактивные восстановители. Поэтому степень восстановления ванадия из ванадиевого шлака низкая (по данным авторов 70%). Кроме того, часть невосстановившихся окислов железа из ванадиевого шлака переходит в металл, загрязняя его и вызывая дополнительный угар марганца и алюминия (по данным авторов содержание марганца и алюминия в металле снижается соответственно на 0,1 и 0,02%).

Это приведет к увеличению загрязненности стали неметаллическими включениями.

Способ предусматривает загрузку смеси на дно ковша. Все технологические инструкции, действующие на металлургических предприятиях, запрещают присадку ферросплавов на дно ковша, так как неизбежны случаи "закозления", т.е. неусвоение ферросплавов. Тем более опасно на дно ковша вводить неметаллические материалы, которыми в смеси являются ванадиевый шлак и плавиковый шпат.

Способ предусматривает ввод металлического алюминия на струю металла, следовательно, в стали будут присутствовать окислы алюминия, снижающие эксплуатационную стойкость проката.

Способ предусматривает использование в смеси плавикового шпата, что ухудшает экологию, так как пары фтора ядовиты.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является усовершенствование способа микролегирования стали ванадием, позволяющего путем изменения легирующей смеси, повысить степень усвоения ванадия и снизить загрязненность стали неметаллическими включениями.

Для решения поставленной задачи предложен способ микролегирования стали ванадием, включающем вводе ковш ферросплавов и ванадийсодержащего материала. Отличием способа является то, что ванадий частично или полностью вводят со смесью зольных отходов ГРЭС и углеродсодержащего материала, причем соотношение указанных компонентов в смеси составляет 1 : (0,04 - 0,25). Кроме того, в смесь дополнительно может быть введена известь в количестве 20 - 50% от массы зольных отходов ГРЭС.

Ванадийсодержащие зольные отходы ГРЭС имеют следующий химический состав, мас. %:

15-35 V₂O₅, 15-19 Fe_{общ.}, 8-10 NiO, 8-9 Na₂O, 8-12 SO₃, 4-5 Al₂O₃, 2-3 SiO₂, 2-3 CaO, 0,8-1,1 MgO, 0,2-0,3 MnO, 0,5-0,6 K₂O, 1-2 C.

Следовательно, в сравнении с ванадиевым шлаком в них содержится в среднем на 7% больше пятиоксида ванадия, в 2 раза меньше окислов железа и в несколько десятков раз меньше окислов марганца. Поэтому значительно снижается опасность загрязнения металла окислами как за счет меньшего содержания окислов в отходах, так и за счет меньшего расхода зольных отходов ГРЭС для микролегирования стали. Использование в смеси активного восстановителя - углеродсодержащего материала, в качестве которого могут быть использованы коксик, графит и т.п. обеспечивает высокую степень восстановления окислов железа, марганца и ванадия. Следовательно, используя дешевые отходы производства, заявляемый способ позволяет производить высококачественную ванадийсодержащую сталь. Добавка извести в смесь требуется в тех случаях, когда плавка идет с высоким содержанием серы или требуется получить низкое содержание серы в металле. Образующийся из извести и плавней, содержащихся в зольных отходах ГРЭС (**Na₂O, K₂O**), легкоплавкий синтетический шлак способствует удалению серы и неметаллических включений из расплава.

Выбор граничных параметров обусловлен тем, что при соотношении в смеси зольных отходов ГРЭС и углеродсодержащего материала ниже 1 : 0,04 не все окислы ванадия и железа восстанавливаются, часть окислов железа переходит в сталь, загрязняя ее. В случае если соотношение больше 1 : 0,25 избыток углеродсодержащего материала науглероживает металл, т.е. можно не попасть в требуемый химический состав стали. Кроме того, при этом ухудшаются условия для расплавления зольных отходов ГРЭС, т.к. частицы отходов обволакиваются углеродсодержащим материалом. Следовательно, в этом случае потери ванадия возрастут.

Количество вводимой в смесь извести должно быть не менее 20%, чтобы предупредить переход серы из шлака в металл и обеспечить ассимиляцию всплывающих неметаллических включений. При добавке извести более 50% шлак будет тугоплавким, гетерогенным, что будет тормозить процессы восстановления окислов ванадия и железа, т.е. увеличатся потери ванадия и загрязненность стали включениями.

По заявляемому способу после наполнения ковша на 15 - 20% вводят смесь зольных отходов

ГРЭС и углеродсодержащего материала с соотношением компонентов 1 : (0,04 - 0,25). Причем количество зольных отходов ГРЭС берется из расчета ввода около 50 - 100% ванадия, необходимого для данной марки стали. В случае высокого содержания серы перед выпуском плавки или необходимости получить пониже содержание ее в металле в смесь добавляют известь в количестве 20 - 50% от массы зольных отходов ГРЭС.

Раскислители, микролегирующие и модифицирующие добавки вводят в обычном количестве. В процессе выпуска плавки металл в ковше целесообразно продувать инертным газом.

Примеры конкретного осуществления способа при выплавке стали 20Г2АФпс по ТУ 14 - 1 - 2493 - 78 приведены ниже и в табл.1.

Пример 3.

Сталь выплавляют в 420-тонной мартеновской печи. После достижения содержания углерода 0,17% и температуры 1600°C плавку выпускают в два ковша. После наполнения ковша на 15 - 20% вводят (11,5кг/т) зольных отходов ГРЭС (10кг/т) и углеродсодержащий материал (1,5кг/т). Для обеспечения требуемого содержания ванадия, азота, кремния, марганца вводят также расчетное количество азотированного феррованадия, азотированного ферромарганца, силикомарганца, ферросилиция. С начала выпуска плавки металл в ковше продувают инертным газом. Принимают меры по предупреждению попадания печного шлака в ковш.

Пример 8.

Сталь выплавляют в 420-тонной мартеновской печи. После достижения содержания углерода в стали 0,19% и температуры 1605°C плавку выпускают в два ковша. После наполнения ковша на 15 - 20% вводят смесь (11,5кг/т) зольных отходов ГРЭС (10кг/т) и углеродсодержащего материала (1,5кг/т). Со смесью дополнительно присаживают известь (3,5кг/т).

Для обеспечения требуемого содержания ванадия, азота, кремния, марганца вводят расчетное количество азотированного феррованадия, азотированного ферромарганца, силикомарганца, ферросилиция. С начала выпуска плавки металл в ковше продувают инертным газом. Принимают меры по предупреждению попадания печного шлака в ковш.

Как следует из приведенных в таблице данных лучшие результаты обеспечивает применение вариантов 2 - 4 и 7 - 9 заявляемого способа. Следует отметить, что при использовании вариантов 5, 10 содержание углерода в стали выше требуемого по ТУ 14 - 1 - 2493 - 78 на 0,01 - 0,02%.

В сравнении с традиционной технологией микролегирования стали ванадийсодержащими сплавами или ванадиевым шлаком заявляемый способ обеспечивает существенное повышение степени использования ванадия (на 11 - 40%) и снижение загрязненности стали включениями на 15 - 20%.

Таблица

Примеры конкретного осуществления способа и некоторые показатели, полученные при его использовании

| № вариан- та | Содержание углерода в расплаве пе- ред выпу- ском, % | Присадки в ковш ^{а)} , кг/т стали | | | | | | Усвоение ванадия, % | Содержание неметалличе- ских включе- ний, % |
|--------------------|--|--|--------------------------|------------------------------------|------|-------------------------|---------|------------------------|--|
| | | Всего смеси | в том числе | | FeVN | соотн. копл. в смеси | Известь | | |
| | | | зольные отхо- ды ГРЭС | углеродсо- держажий материал | | | | | |
| 1 | 17 | 5.15 | 5 | 0.15 | 1.0 | 0.03 | - | 72.1 | 0.0126 |
| 2 | 18 | 5.20 | 5 | 0.20 | 1.0 | 0.04 | - | 83.6 | 0.0093 |
| 3 | 17 | 11.50 | 10 | 1.5 | 0.4 | 0.15 | - | 89.1 | 0.0081 |
| 4 | 16 | 15.0 | 12 | 3.0 | - | 0.25 | - | 84.4 | 0.0088 |
| 5 | 18 | 15.2 | 12 | 3.2 | - | 0.27 | - | 84.0 | 0.0095 |
| 6 | 16 | 5.15 | 5 | 0.15 | 1.0 | 0.03 | 0.9 | 71.2 | 0.00112 |
| 7 | 17 | 5.20 | 5 | 0.20 | 1.0 | 0.04 | 1.0 | 81.1 | 0.0087 |
| 8 | 19 | 11.5 | 10 | 1.5 | 0.4 | 0.15 | 3.5 | 84.6 | 0.0080 |
| 9 | 18 | 15.0 | 12 | 3.0 | - | 0.25 | 6.0 | 82.8 | 0.0091 |
| 10 | 18 | 15.2 | 12 | 3.2 | - | 0.27 | 6.2 | 81.3 | 0.0110 |

^{а)} Кроме - FeSiMn, FeMnN, FeSi