

Изобретение относится к области черной металлургии, в частности к производству ферросплавов, используемых при производстве высококачественных сталей ответственного назначения.

Известен способ раскисления, модифицирования и микролегирования рельсовой стали, включающий ввод в расплав ферросплавов, содержащих железо, кремний, магний, кальций и титан [1].

Для этой цели используют комплексные сплавы, химический состав которых приведен в табл.1.

Комплексные сплавы с высоким содержанием магния (более 5%) получают путем растворения чушкового магния в жидком расплаве. Этот способ имеет ряд недостатков, основным из которых является опасность выброса расплава из ковша вследствие интенсивного испарения магния в процессе его растворения. Процесс сопровождается интенсивным дымообразованием и световым эффектом.

Наиболее близким к заявляемому по сути и достигаемому эффекту является силикотермический способ восстановления кальция и магния из их окислов кремнием ферросилиция, с использованием шихты, содержащей известь, магнезит, доломит, ферросилиций и плавиковый шпат [2], который позволяет получить в сплаве массовую долю магния до 5%.

Недостатком известного способа является то, что он не позволяет получить комплексный сплав, содержащий титан.

Поставленная задача достигается за счет того, что в способе производства комплексного железо-кремний-магний-кальций-титанового сплава, включающем порционную загрузку в печь шихтовых материалов, состоящих из извести, магнезитового порошка, ферросилиция и плавикового шпата, их расплавления и последующего силикотермического восстановления кальция и магния из их окислов, загружаемые в печь шихтовые материалы взяты в следующем соотношении компонентов, кг/т:

| | |
|----------------------|----------|
| Известь | 900-1100 |
| Ферросилиций ФС 65 | 930-1100 |
| Плавиковый шпат | 120-230 |
| Магнезитовый порошок | 180-250 |

а в заключительный период плавки за (10-15) минут до выпуска в печь присаживают ферротитан ФТи30 в количестве (170-250) кг/т.

При использовании других марок ферросилиция и ферротитана их массовый расход корректируют по массовой доле основного элемента.

Компоненты шихты: кремнийсодержащий восстановитель (технический или кристаллический кремний по ТУ 48-0103-163/0-94, ферросилиций по ГОСТ 1415-78) фракцией не более 20 мм; плавиковый шпат (CaF_2 более 55%) по ГОСТ 29220-91; известь шахтных печей по ТУ 14-16-42-90 фракцией (10-40) мм, с содержанием окиси кальция не менее 92%; магнезитовый порошок по ГОСТ 24862-81 и ГОСТ 10360-85 титансодержащий материал (ферротитан по ГОСТ 4761-91 и отходы титана).

Количество кремния и окислов восстанавливаемых элементов CaO и MgO выбрано из соотношения

$$\frac{\text{Si}}{\text{CaO} + \text{MgO}} = 0,6,$$

при котором достигаются лучшие показатели.

При массовой доле кремнийсодержащего восстановителя (ФС 65) менее 930 кг/т восстановление протекает не в полной мере, что не позволит получить необходимое содержание кальция и магния в сплаве, а при массовой доле восстановителя (ФС 65) более 1100 кг/т происходит его непроизводительный перерасход и приведет к удорожанию шихты.

Уменьшение массовой доли извести и магнезитового порошка ниже нижнего предела также снизит массовую долю кальция и магния в сплаве, а увеличение их расхода выше верхнего предела приведет к увеличению вязкости шлака и ухудшению процесса восстановления кальция и магния.

Увеличение массовой доли плавикового шпата более 230 кг/т приводит к удорожанию шихты, а его снижение менее 120 кг/т - к ухудшению условий восстановления кальция и магния в результате повышения вязкости шлака.

При массовой доле титансодержащего материала (ФТи30) ниже нижнего предела и выше верхнего предела не будет достигнуто заданное содержание титана в сплаве.

Ввод ферротитана в печь в заключительный период плавки обусловлен тем, что в этом случае он не оказывает существенного негативного влияния на процесс восстановления кальция и магния по сравнению с его присадкой вместе с остальными шихтовыми материалами в период завалки, а также снижением его угара, поскольку в этот период печь работает на минимальной мощности.

Присадка ферротитана за (10-15) минут до выпуска плавки обеспечивает его полное растворение в объеме металлической фазы.

Пример. Испытание способа производили на промышленной электропечи ДСП-12НЗ с трансформатором мощностью 8 МВА с угольной футеровкой подины и стен ванны.

Дозировку шихтовых материалов производили с помощью дозаторов и ленточной бросковой машины последовательным взвешиванием в расчете на одну колошу.

Состав колоши, кг:

| | |
|----------------------|--------|
| Известь | 90-100 |
| Ферросилиций ФС 65 | 93-110 |
| Плавиковый шпат | 12-23 |
| Магнезитовый порошок | 18-25 |

Шихту подавали в зону действия электродов до заполнения рабочего объема печи. По мере проплавления шихты и образования колодцев шихту сталкивают с откосов и подают в печь новые навески шихты.

Процесс продолжают до заполнения ванны жидким расплавом.

После полного расплавления шихты и силикотермического восстановления кальция и магния за (10-15) минут до выпуска плавки в печь присаживали ферротитан ФТи30 в количестве (170-250) кг/т.

В табл. 2 представлены результаты, полученные при испытании заявляемого способа в промышленных условиях.

Соотношение компонентов в заявляемой шихте для выплавки комплексного сплава соответствует граничным значениям компонентов (вариант 1 и 3), среднему значению (вариант 2) и известной шихте (вариант 4).

Экономическая эффективность от использования комплексного сплава, произведенного по заявляемому способу, по сравнению со сплавом, произведенным по способу, взятому в качестве прототипа, заключается в увеличении выхода рельсов высшей категории качества с 60 до 90%.

Это обусловлено тем, что при использовании сплава, произведенного по способу, взятому в качестве прототипа, для модифицирования и микролегирования рельсовой стали в ковш дополнительно присаживают ферротитан, содержащий до 12% Al, способствующему образованию строчек глинозема, в то время как при использовании сплава, произведенного по заявляемому способу, для микролегирования и модифицирования рельсовой стали образование строчек глинозема не получает существенного развития.

Таблица 1

| Стандарт | Массовая доля элементов, мас. % | | | | | |
|---------------|---------------------------------|------|------|------|-------|-----------|
| | Si | Mg | Ca | Ti | Al | Fe |
| ТУ 14-5-39-88 | ≤ 40 | 6-12 | 6-20 | ≤ 15 | ≤ 1,2 | Остальное |
| СТП 232-26-95 | 40-70 | 1-3 | 4-20 | 4-7 | ≤ 1,2 | Остальное |

Соотношение компонентов шихты и химический состав комплексного сплава

| Вариант | Соотношение компонентов в шихте, кг/т | | | | | Массовая доля элементов, мас. % | | |
|---------|---------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|------------------|---------------------------------|----|----|
| | Известь | Ферросилиций ФС 65 | Плавиковый шпат | Магнетитовый порошок | Ферротитан ФТи30 | Ca | Mg | Si |
| 1 | 900 | 930 | 120 | 180 | 170 | 17 | 5 | 41 |
| 2 | 1000 | 1015 | 175 | 215 | 210 | 10 | 3 | 43 |
| 3 | 1100 | 1100 | 230 | 250 | 250 | 4 | 1 | 45 |
| 4 | 1200 | 960 | 254 | 396 | — | 20 | 5 | 46 |