

Изобретение относится к металлургии железа и направлено на совершенствование производства полуспокойной стали с выплавкой ее в металлургическом агрегате и раскислением и микролегированием ее полупродукта в ковше, предназначенной, например, для арматуры железобетонных конструкций.

Известен способ производства полуспокойной стали, включающий ее выплавку в сталеплавильном агрегате и раскисление в ковше углеродистым ферромарганцем, 45% ферросилицием, алюминием и другими материалами с последовательным вводом в металл элементов в порядке возрастания их раскислительной способности (Я.А.Шнееров, В.А.Вихлевчук. Полуспокойная сталь. М., Металлургия, 1973, с. 368).

Использование этого способа не обеспечивает стабильности раскисленности металла от плавки к плавке, в результате чего в производственной практике металлургических предприятий наблюдается повышенная головная обреза раскатов слитков по усадочным порокам на перераскисленных плавках, либо по поверхностным дефектам - на недораскисленных.

Наиболее близким к заявляемому решению является способ производства полуспокойной стали, включающий ее выплавку в сталеплавильном агрегате, раскисление марганцем и кремнием и микролегирование полупродукта путем ввода ферросплавов в ковш во время его заполнения жидким металлом (Авторское свидетельство СССР № 579314, кл. С 21 С 5/04, 1975). При этом в качестве ферросплавов используют углеродистый ферромарганец и комплексный микролегирующий ферросплав железо с кремнием, марганцем и кальцием (КГМК), которые загружают в ковш одновременно при заполнении его металлом на 1/3-1/2 высоты со скоростью 2-10 т/мин. Этот способ содействует стабилизации раскисленности металла от плавки к плавке.

Однако описанный способ, хотя и предусматривает одновременный ввод в ковш ферромарганца и комплексного микролегирующего ферросплава, не обеспечивает попадания их добавок в один и тот же локальный участок ковшевой ванны. В результате куски углеродистого ферромарганца и микролегирующего ферросплава плавятся раздельно, а кремний и кальций микролегирующего ферросплава не защищают марганец углеродистого ферромарганца от окисления, происходящего в результате его взаимодействия с окисляющими средами. Таким образом, известный способ при производстве низколегированной полуспокойной стали, влечет повышенный расход марганца, входящего в состав ферромарганца, и высокие потери кальция, содержащегося в дорогостоящем энергоемком (1400-1700 кВт · ч/т) комплексном ферросплаве.

В связи с этим, задачей настоящего изобретения является разработка способа производства полуспокойной стали, при котором обеспечивается взаимная защита марганца ферромарганца и микролегирующих элементов микролегирующих ферросплавов от окисления, соответственно уменьшается расход марганца и микролегирующих элементов при сохранении уровня прочностных свойств металлопродукции.

Согласно изобретению, поставленная задача решается тем, что в способе производства полуспокойной стали, включающем ее выплавку в сталеплавильном агрегате, раскисление и микролегирование полупродукта путем ввода ферросплавов в ковш во время его заполнения жидким металлом, ввод (присадку) ферромарганца и микролегирующих ферросплавов осуществляют совместно в зону входа струи металла из агрегата в ковшевую ванну при заполнении ковша металлом от 1/5 до 2/5 его высоты порциями по 20% - 50% от общей массы ферросплавов с интервалом 10—30 секунд между присадками порций, при этом в качестве микролегирующих ферросплавов используют ферротитан или ферробор фракцией кусков соответственно 5-70 и 5-30 мм с массовым соотношением ферромарганца к ним как 1:(0,01-0,10):(0,002-0,02).

Допускается раздельный или комплексный ввод ферротитана и ферробора для микролегирования стали.

Существенным отличием данного способа от известного является то, что ввод в металл ферромарганца и микролегирующих ферросплавов осуществляют не только одновременно, но и, что главное, совместно, при этом - в зону входа струи металла из агрегата в ковшевую ванну. Это обеспечивает попадание всех ферросплавов в один и тот же участок ковшевой ванны, в результате чего куски ферромарганца и микролегирующего ферросплава плавятся одновременно и вместе, при максимальной энергии перемешивания, ускоряющей плавление и усреднение добавок в стали, и взаимной защите элементов от окислительного воздействия металла, шлака и атмосферы.

Вместо дорогостоящего микролегирующего ферросплава КМК в способе используют ферросплавы, содержащие титан и (или) бор, то есть, по крайней мере, один из доступных в металлургической практике элементов, обладающих невысокой раскисляющей способностью, но значительным упрочняющим эффектом, что согласно задаче изобретения важно для сохранения прочностных свойств металлопродукции при сокращении расхода ферромарганца, а кроме того, ферробор и ферротитан обеспечивают не только микролегирующий, но и раскисляющий эффект в стали.

Исследованиями установлено, что при совместной присадке ферромарганца и микролегирующих ферросплавов (ферробора и ферротитана) до заполнения ковша на 1/5 его высоты глубина металлической ванны оказывается недостаточной для интенсивного плавления и усвоения твердых микролегирующих присадок, а присадка ферросплавов при наполнении ковша более чем на 2/5 его высоты не обеспечивает надлежащего усреднения микродобавок в стали в процессе быстротечного (3-7 мин) выпуска плавки из конвертера в ковш.

Совместная присадка ферромарганца и микролегирующих ферросплавов в зону входа струи металла из агрегата в ковшевую ванну, как существенный признак обусловлен тем, что, как показала опытно-промышленная отработка способа, отклонение места присадки более чем на 3 радиуса струи металла от оси ковша приводит к концентрации кусков ферросплавов в застойных зонах ковшевой ванны, что влечет за собой неполное расплавление твердых частиц ферросплавов и механические потери ферромарганца и микролегирующих элементов, т.е. не обеспечивает в полном объеме решение поставленной задачи.

Прерывистый, по 20-50% от общей массы, ввод ферросплавов в жидкий металл обусловлен тем, чтобы обеспечить форсированный режим их расплавления и усвоения без создания локальных участков металла с пониженной температурой и закозлением присадок (образованием конгломератов). При этом в случае

присадки ферросплавов по 20% от общей массы и фракцией кусков 5 мм их вводят через 10 с, а если присадку ведут дозами по 50% от общей массы, а фракции ферромарганца, ферротитана и ферробора составляют 70, 30 и 30 мм соответственно, интервал между присадками выдерживают равным 30 с.

Совместные присадки ферромарганца и микролегирующих ферросплавов - ферротитана и ферробора в приведенных соотношениях 1 : (0,01-0,10):(0,002-0,02) обеспечивают раскисление металла с образованием комплексных жидких ненасыщенных продуктов раскисления систем FeO-MnO-TiO_2 , $\text{FeO-MnO-B}_2\text{O}_3$, $\text{FeO-MnO-TiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$, при которых стабильно достигается требуемое содержание кислорода в полуспокойной стали при минимальном содержании элементов-раскислителей. При этом значение массовой доли ферротитана (0,01%) и ферробора (0,002%), по их нижнему заявляемому пределу, в общей массе присадок ферромарганца и микролегирующего ферросплава используется в случае применения ферросплавов с максимальным содержанием в них титана (70%), бора (30%) и минимальным содержанием марганца (70%), а значение массовой доли ферротитана и ферробора по их верхнему пределу в общей массе присадок - 0,10 и 0,02 соответственно - ферросплавов с минимальным содержанием титана (20%), бора (5%) и максимальным содержанием марганца (90%).

Таким образом, использование настоящего способа обеспечивает защиту марганца ферромарганца, а также титана и бора микролегирующих ферросплавов от окисления, соответственно экономит как марганец, так и элементы микролегирующих ферросплавов при сохранении прочностных свойств металлопродукции из полученной таким образом стали.

По данному способу, описываемому ниже, проведена серия опытно-промышленных плавов.

В конвертерах емкостью 50-160 т выплавляли низколегированную полуспокойную сталь следующего химического состава, % по массе: углерод 0,28-0,37, марганец 0,80-1,20, кремний 0,01-0,10, мышьяк 0,001-0,005, сера 0,025-0,045, фосфор 0,035-0,045, железо - остальное.

Было проведено 60 плавов, из которых 30 сравнительных по прототипу и 30 - обработанных по предлагаемому способу.

Процесс собственно плавки в конвертерах вели в обоих случаях по известной технологии с продувкой кислородом через верхнюю фурму. Металл разливали в изложницы на слитии массой 8,4-12,5 т.

Для раскисления металла использовали ферромарганец с содержанием марганца от 70 до 90%. В качестве микролегирующих ферросплавов применяли ферробор с содержанием бора 6-30% и ферротитан с содержанием титана 22-68%. Начиная с заполнения металлом ковша от 1/5 его высоты одновременно и совместно вводили в зону входа струи металла из агрегата в ковшевую ванну в качестве раскислителя ферромарганец и в качестве микролегирующих ферросплавов ферротитан и (или) ферробор. Эту присадку вели порциями по 20,33 и 50% от общей массы ферросплавов с интервалом 10,20 и 30 секунд между порциями. При этом использовали ферробор и ферротитан в кусках размером 5-30 мм, а ферромарганец - в кусках фракцией 5-70 мм. Регулировали соотношение масс присадок ферромарганца к ферротитану и ферробору по изложенной выше зависимости - 1:(0,01-0,10):(0,002-0,02).

Промышленные плавки проведены после предварительной отработки всех приведенных параметров предлагаемой технологии производства стали в лабораторных и опытно-промышленных условиях.

Из полученного металла была прокатана арматура для железобетонных конструкций диаметром от 14 до 28 мм.

Исследования показали, что усвоение ферромарганца в способе производства полуспокойной стали по данной заявке составило 85-90% (по прототипу - 65-80%), усвоение микролегирующих элементов - титана - 55-75%, бора - 50-70%, в то время как в способе по прототипу усвоение микродобавок колебалось в пределах 30-45%.

В результате получена экономия ферромарганца (1,0-2,5 кг/т стали) и микролегирующих элементов (0,1-0,4 кг/т стали).

С учетом того, что прочностные свойства проката из стали, произведенной по заявляемому способу в сравнении с прокатом из стали, полученной по известному способу, возросли на 10-20 Н/мм² и стали более стабильными по раскату слитку в 1,5-2,5 раза, при условии равнопрочности металла дополнительно может быть достигнута экономия ферромарганца на производство стали в количестве 2-4 кг/т стали.

Таким образом, заявляемый способ производства полуспокойной стали решает поставленную задачу, благодаря чему в итоге обеспечивается значительная экономия ферромарганца и микролегирующих ферросплавов.