

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

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является выбранный в качестве прототипа способ внепечного прямого легирования стали ванадием, по которому в разливочный ковш перед выпуском стали вводят легирующе-восстановительную смесь издробленного ванадиевого конвертерного шлака, плавикового шпата, 45% **FeSi**, взятых в соотношении 1 : 0,3 : 0,35, а присадку алюминия производят на струю металла после наполнения 1/2 ковша.

К существенным недостаткам способа следует отнести высокое содержание в ванадиевом шлаке окислов железа и марганца (45 - 50%), восстановление которых требует дополнительного расхода раскислителей. При достаточно высоком содержании кислорода в выпускаемом из агрегата металле (0,015 - 0,020%) затруднено взаимодействие шлака с металлом и переход (восстановление) ванадия в стали.

Следует отметить, что при присадке смеси на дно ковша возможно закозление смеси, и как итог, неравномерное распределение химических элементов по слиткам (неоднородность), т.е. повышение отбраковки слитков. Из-за сравнительно низкого содержания ванадия в шлаке (16 - 20% **V₂O₅**) объем присаживаемой смеси получается большим, что ухудшает тепловую сторону внепечной обработки стали. Раннее раскисление расплава ферросилицием приводит к образованию на поверхности металла очень вязкой пленки из оксидов кремния, которые ошлаковывают ванадиевый шлак, снижая степень перевода ванадия из шлака в металл.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание способа микролегирования и рафинирования рельсовой стали позволяющего путем качественного изменения легирующей и рафинирующей смеси и при определенном соотношении ее компонентов снизить угар ферросплавов и повысить рафинирующую и десульфуризирующую способность образующегося шлакового расплава, обеспечивающего снижение загрязненности стали неметаллическими включениями, а следовательно, повышение эксплуатационных свойств готового проката.

Для решения поставленной задачи предложен способ микролегирования и рафинирования рельсовой стали, включающий ввод в ковш смеси ванадийсодержащего материала и раскислителей. Отличие способа заключается в том, что в ковш вводят смесь ферромарганца, силикомарганца и зольных отходов ГРЭС в количестве 15,5 - 24,0 кг/т при соотношении указанных компонентов в смеси 1 : (0,9 - 1,2) : (0,35 - 0,6) : (0,35 - 1,25).

В смесь дополнительно может быть введена известь в количестве 15 - 20% от количества зольных отходов ГРЭС.

Предлагаемый порядок, количество и соотношение вводимых в ковш материалов дает возможность практически полностью реализовать физико-химические свойства отходов ГРЭС, добиться полного восстановления ванадия из **V₂O₅** и улучшить качество металла.

Зольные отходы ГРЭС, это отходы от сжигания мазута в топках котлоагрегатов газомазутных энергоблоков тепловых электростанций. Во время ремонта котлов их удаляют из топки механическим способом и выбрасывают в отвалы. На электростанциях, сжигающих 4 - 5 млн.т. мазута в год, количество зольных отходов от сжигания мазута составляет 200 - 1000 т в год.

Fe₂O₃ - 15-19 **K₂O** - 0,5-0,6
SiO₂ - 2-3 **Na₂O** - 8-9

CaO - 2-3 **NIО** - 8-10
MgO - 0,8-1,1 **C** - 1-2
MnO - 0,2-0,3 **S** - 3-4,5
Al₂O₃ - 4-5 **V₂O₅** - 15-35

При сравнении с ванадиевым конвертерным шлаком в золе от сжигания мазута содержание **V₂O₅** - 1,5 - 2 раза больше и сравнительно мало окислов железа и марганца, соответственно для легирования рельсовой стали ванадием (**0,03-0,07% V**) потребуется меньшее количество легирующего материала, при этом снизится угар раскислителей в ковше в ходе раскисления и легирования стали.

Присутствие зольных отходов оксидов калия и натрия (10%) и ввод извести в ковш способствует раннему образованию высокоосновного, жидкоподвижного шлака с низкой температурой плавления (1100 - 1300°C) и хорошей десульфуризирующей способностью. Ранее образование шлака также улучшает условия для полного протекания реакции восстановления ванадия из окислов, а также для хорошей ассимиляции оксидных включений образующихся в ходе раскисления металла, очистки, таким образом, стали от нежелательных включений и в итоге улучшения качества готового проката.

Кальций расходуется в основном на восстановление ванадия из окислов в отходах и в меньшей степени угорает в виду относительно низкой окисленностью шлака.

Имеющийся в зольных отходах ГРЭС углерод (2 - 3%) при температуре сталеварения является хорошим восстановителем, чем создает дополнительные условия для перехода в сталь

ванадия.

Выбор граничных параметров обусловлен тем, что при соотношении компонентов **FeMn:SiMn:SiCa:** отходов ГРЭС меньшем предлагаемому, т.е. $1 : (0,9 - 1,2) : (0,35 - 0,6) : (0,35 - 1,25)$ и расхода ее менее 15,5кг/т стали не обеспечивается требуемый химический состав стали по ГОСТ 24182 - 80, ухудшаются механические свойства металла. Металл получается недораскисленный в связи с чем снижается ударная вязкость. При расходе указанных компонентов больше 24кг/т стали и соотношении их большем предлагаемом $1 : 1,2 : 0,6 : 1,25$ и выше удорожается обработка стали, уменьшается степень восстановления ванадия из шлака, т.к. уменьшается удельное количество вводимых восстановителей (**Ca, C**) на единицу отходов ГРЭС, повышается окисленность и загрязненность металла неметаллическими включениями и количество серы в нем, что приводит к ухудшению механических свойств, ударной вязкости и эксплуатационных свойств готового проката.

Расход извести менее 15% от массы зольных отходов ГРЭС недостаточен для повышения основности и соответственно рафинирующей и десульфорирующей способности образованного шлака, снижается скорость диффузионных процессов восстановления ванадия. При расходе извести более 20% от массы отходов начинается повышение вязкости формирующегося шлака, что снижает ассимилирующие свойства шлакового расплава и ухудшает условия восстановления ванадия из окислов,

Как видно изложенного положительный эффект при осуществлении изобретения будет получен за счет повышения степени восстановления ванадия из окислов, удешевления легирования снижением угара раскислителей, улучшения качества металла вследствие получения в ковше шлакового расплава хорошей рафинирующей способности.

По заявляемому способу при выплавке рельсовой стали в 430т мартеновской печи, по достижении углерода в расплаве 0,70 - 0,74% и температуры 1560 - 1575°C в печь вводят **FeSi** в количестве 3,5кг/т стали с целью предварительного раскисления стали. Через 5 - 15мин. плавку выпускали. После наполнения ковша на 1/5 - 1/6 объема в металл вводят 15,5 - 24,0кг/т стали раскисляющих и легирующих компонентов (зольных отходов), при этом выдерживают соотношение **FeMn:SiCa:** зольных отходов ГРЭС равное $1 : (0,9 - 1,2) : (0,35 - 0,6) : (0,35 - 1,25)$. В ковше металл продувают аргоном, затем разливают в слитки массой 8,5 - 10т. Слитки прокатывают на рельсы типа Р50, Р65 и Р75, которые подвергают закалке.

Примеры конкретного осуществления способа при выплавке стали марки М76В в 430т мартеновской печи приведены в табл.1.

Некоторые показатели при использовании различных вариантов заявляемого способа приведены в табл.2 и 3.

Данные результаты свидетельствуют, что при расходе присаживаемых компонентов в количестве менее 15,5 и более 24,0кг/т стали, а также при соотношении материалов **FeMn:SiMn:SiCa:** отходов ГРЭС большем или меньшем $1 : (0,9 - 1,2) : (0,35 - 0,6) : (0,35 - 1,25)$ поставленные в изобретении задачи практически не решаются (варианты 1,6). Усвоение ванадия при использовании этих вариантов составляет 70 и 69%, что на уровне усвоения при применении способа-прототипа. Имеет место также непопадания в химический состав рельсовой стали (по **V, Si, Mn**), металл получается загрязненный по неметаллическим включениям, что ухудшает эксплуатационную стойкость рельсов. Повышенное содержание серы и загрязненность стали неметаллическими включениями в совокупности снижают ударную вязкость стали, в связи с чем повышается количество рельсов, переназначенных во II класс по этому показателю.

Лучшие результаты обеспечивают варианты (2 - 5). Усвоение ванадия при использовании этих вариантов повышается с 69 - 74% до 88 - 90%. Улучшается раскисленность стали, в связи с улучшением рафинирующей и ассимилирующей способности образованного в ковше после ввода раскислителей и легирующих шлака. Металл получается чище от неметаллических включений и серы, что улучшает механические свойства рельсов повышается ударная вязкость стали и уменьшается переназначение рельсов во II класс.

Таблица 1

Примеры конкретного осуществления способа

№ варианта	/C/ в расплаве перед раскисл. в печи, %	Темп-ра металла в печи перед раскисл., °C	Присадка в печи	Всего кг/т стали	Присадка в ковш, кг/т стали				Соотношение компонентов FeMn:SiMn:SiCa:отходы ГРЭС
			FeSi		FeMn	SiMn	SiCa	Отходы ГРЭС	
1	0,70	1565	3,5	14,4	5,9	4,7	1,7	2,1	1:0,80:0,29:0,35
2	0,72	1570	3,5	15,5	5,9	5,3	2,1	2,2	1:0,9:0,35:0,35
3	0,71	1565	3,5	18,4	5,9	5,9	2,6	4,0	1:1:0,44:0,68
4	0,74	1580	3,5	22,4	5,9	6,5	3,3	6,7	1:1,1:0,56:1,13
5	0,75	1575	3,5	24,9	5,9	7,1	3,6	7,4	1:1,2:0,6:1,25
6	0,73	1570	3,5	25,2	5,9	7,7	3,8	7,8	1:1,3:0,65:1,32

Таблица 2

Основные характеристики микролегирования рельсовой стали ванадием из отходов ГРЭС

№ варианта	Содержание в стали, мас. %					Угар элементов в ковше, %			Кол-во неметал. включ. в стали, %	/O/ в готовом прокате, %	Длин. строчек Al ₂ O ₃	Пере-назн. рельс по уд. вязк. во II класс, %
	V	Si	Mn	S	Al	V	Si	Mn				
1	0,027	0,20	0,70	0,031	0,004	30	37	23	0,125	0,0066	един.	18
2	0,041	0,26	0,76	0,022	0,006	16	38	19	0,0096	0,0058	—	14
3	0,041	0,28	0,84	0,018	0,005	12	25	12	0,0089	0,0052	—	11
4	0,060	0,33	0,86	0,023	0,005	10	22	14	0,090	0,0048	—	10
5	0,051	0,34	0,87	0,024	0,006	18	26	17	0,116	0,0053	—	14
6	0,073	0,34	0,87	0,032	0,007	23	31	20	0,137	0,0068	един.	21

Таблица 3

Основные характеристики микролегирования и рафинирования рельсовой стали ванадием из отходов ГРЭС, с добавками извести

№ варианта	Расход отходов на легирование кг/т стали	Расход извести % от веса отходов	Содержание в стали, мас. %		Коэффициент усвоения ванадия, %	Количество неметаллических включений в стали, %	/O/ в готовом прокате, %	Пере-назначение по ударной вязкости во II класс, %
			V	S				
1	2,5	13	0,034	0,035	0,74	0,0114	0,0065	17
2	3,3	15	0,048	0,029	0,83	0,0082	0,0056	12
3	5,7	17	0,056	0,021	0,88	0,0078	0,0046	9,5
4	6,6	18	0,060	0,018	0,91	0,0075	0,0044	8,7
5	7,5	20	0,062	0,026	0,80	0,0100	0,0050	10
6	8,0	25	0,051	0,032	0,71	0,0124	0,0071	22,5