

Изобретение относится к черной металлургии, в частности к способу выплавки стали в сталеплавильных агрегатах.

Известен способ выплавки стали в двух-ванной печи, включающий подачу топлива и окислителя отдельным по ширине потоком в рабочее пространство одной из ванн в сторону пламенного окна, а также раздельными по высоте потоками с постепенным увеличением расхода топлива в направлении от крайнего потока со стороны передней стенки. Расход топлива в потоке вблизи передней стенки устанавливают равным 1,25-1,55 расхода топлива, в потоке вблизи задней стенки. Подачу окислителя осуществляют с соотношением расходов между верхними и нижними потоками (1,3 - 1,5):1 по всей ширине печи [1].

Недостатком известного способа является низкая эффективность прогрева расплава из-за низкого коэффициента теплоотдачи из газовой фазы металлу при такой схеме перемещений факела.

Известен способ выплавки стали в подовой печи, включающей заливку чугуна, подогрев шихты в ванне, рассредоточенными вдоль рабочего пространства подаваемыми со свода печи топливно-кислородными факелами. Расход топлива в факелах постепенно уменьшается по направлению движения дымовых газов при соотношении его в каждой трети рабочего пространства 1:(0,7-0,8):(0,5-0,8). Продувку расплава ведут до содержания углерода 0,25 - 0,45% [2].

Наиболее близким по технической сущности и достигаемым результатам является способ выплавки высокоуглеродистой стали в двухванной печи, включающий продувку металла заглубленными струями кислорода, подогрев шлака топливно-кислородными горелками и предварительное раскисление металла. При содержании углерода в ходе продувки на 0,2 - 0,4% выше среднезаданного в готовой стали 20-30% от расходуемого на продувку кислорода подают над поверхностью шлака [3].

Однако диапазон технологических возможностей указанных способов недостаточно широк, а выход годных плавков качественных марок стали недостаточно высок.

Задачей изобретения является усовершенствование способа выплавки стали в подовом сталеплавильном агрегате путем нагрева шлака в определенном временном и концентрационном пределах, обеспечивающего расширение технологических возможностей и, как результат, улучшение качества готового металла и повышение выхода годного.

Поставленная задача достигается тем, что в способе выплавки стали в подовом сталеплавильном агрегате, включающем заливку чугуна на нагретую шихту, расплавление шихты, продувку кислородом расплава до содержания углерода в металле 0,45%, нагрев окисленного шлака газо-кислородным факелом, согласно изобретению нагрев шлака газо-кислородным факелом осуществляют при достижении содержания углерода в металле 0,25 - 0,45% одновременно с продувкой расплава кислородом в течение последних 15-30% длительности ее периода до заданного содержания углерода в металле при этом расход газа поддерживают в пределах $7-15 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 т металла при коэффициенте избытка кислорода 0,9 - 1,1.

Нагрев шлака газо-кислородным факелом при достижении содержания углерода 0,25 - 0,45% определяется кинематическими условиями окисления углерода в расплаве, при содержании углерода выше указанных значений скоростью реакции обезуглероживания металла в высокопроизводительных агрегатах лимитируется подводом кислорода к фронту реагирования, причем чем выше скорость реакции обезуглероживания, тем эффективнее перемещивается шлак с металлом и ниже в нем активность кислорода. При содержании углерода ниже указанных значений процессы окисления углерода лимитируются кинематическими условиями доставки кислорода через шлаковую фазу. Концентрация кислорода в шлаковой фазе и в металле при этих условиях в значительной степени зависит от температуры шлаковой фазы. Увеличение температуры шлаковой фазы способствует снижению содержания кислорода, растворенного в шлаковой и металлической фазах. Увеличение содержания углерода в расплаве сверх 0,45%, после чего начинается подогрев шлаковой фазы, экономически нецелесообразно, так как это приводит к перерасходу топлива. Снижение содержания углерода в расплаве ниже 0,25%, после чего начинается нагрев шлака, приводит к недостаточному снижению содержания кислорода в шлаковой и металлической фазах и к ухудшению качества металла.

Длительность нагрева шлака в конце продувки определяет содержание газов, растворенных в металле. Продолжительность нагрева шлака более 30% периода продувки экономически нецелесообразна, так как ухудшаются технико-экономические показатели процесса выплавки стали. Продолжительность нагрева шлака менее 15% периода продувки недостаточна для обеспечения необходимого эффекта газоудаления из качественного металла.

Расход газа на 1 т металла в период нагрева шлака определяет скорость повышения температуры шлаковой фазы и соответственно скорость протекания тепломассобменных процессов в шлаковой фазе. Увеличение расхода газа выше $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 т металла экономически нецелесообразно, так как при высоких скоростях теплообменных процессов процессы выплавки стали в конце плавки будут лимитироваться массообменными процессами. Снижение расхода газа ниже $7 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 т стали приведет к тому, что процессы выплавки стали будут лимитироваться теплообменными процессами.

Коэффициент избытка кислорода во время нагрева шлака определяет условия передачи кислорода от газовой фазы к металлической. Снижение коэффициента избытка кислорода на окисление топлива ниже 0,9 экологически нецелесообразно, так как приводит к увеличению содержания окиси углерода в отходящих газах. Увеличение коэффициента избытка кислорода выше 1,1 приводит к увеличению содержания кислорода в шлаковой и металлической фазах.

Способ выплавки стали осуществляется следующим образом.

В одну из ванн подового сталеплавильного агрегата загружают металлошихту и начинают ее прогрев газо-кислородными фурмами до $1100-1250^\circ\text{C}$, после чего фурмы отключают и в ванну заливают чугун и начинают продувку расплава через кислородные фурмы с интенсивностью $0,17 - 0,50 \text{ м}^3/\text{мин}$ на 1 т стали, при этом содержание углерода и кислорода и температуры непрерывно измеряют датчиками. При содержании углерода 0,25-0,45% начинают нагрев шлака газокислородными горелками, устанавливают расход топлива $7-15 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 т стали и коэффициент избытка кислорода 0,9-1,1, при достижении заданного содержания углерода в расплаве процесс выплавки стали прекращают.

Пример. В плавильную ванну сталеплавильного агрегата садкой 300 т после выпуска предыдущей плавки, заправки печи заваливают 100 т металлолома, содержащего мас. %: углерод 0,16, марганец 0,52, кремний 0,17, сера 0,038, фосфор 0,18, 20 т извести. Во время заправки расход природного газа на сводовые горелки составляет 2000 м³/ч, во время заливки и прогрева 3000 м³/ч. После этого в ванну заливают 200 т чугуна, содержащего; мас.%: углерод 3,82, кремний 1,03, марганец 0,89, сера 0,048, фосфор 0,024. Во время заливки чугуна расход природного газа на сводовые горелки составляет 2000 м³/ч. Расплав продувают через кислородные фурмы с интенсивностью 30000 м³/ч в течение 2,5 ч до содержания углерода 0,25%. Затем греют шлак сводовыми горелками при расходе природного газа на них 2000 м³/ч, а кислорода 3600 м³/ч.

Технико-экономические показатели процесса выплавки стали приведены в таблице.

Из приведенных данных видно, что увеличение интенсивности продувки расплава кислородом в период, когда лимитирующим звеном является подвод окислителя к фронту реагирования, при концентрации углерода в расплаве больше 0,25-0,45% приводит к снижению содержания окислов железа в шлаке, нагрев шлака газокислородным факелом при низких концентрациях углерода в стали позволяет не только поддерживать низкие концентрации окислов железа (FeO) в шлаке, но и снизить концентрации растворенного в металле кислорода в 1,3 - 1,8 раза, азота - в 1,1 - 1,6 раза водорода в 1,1 - 1,25 раза, что позволяет расширить технологические возможности сталеплавильных агрегатов, работающих с высокой производительностью, исключив при этом операцию внепечной обработки стали инертными газами.

Применение способа выплавки стали в двухванном сталеплавильном агрегате позволит улучшить качество выплавляемых сталей до среднелегированных марок, повысить выход годного на 0,5%, снизить расход раскислителей на 15-30%.

Технико-экономические параметры процесса выплавки стали по предложенному способу и прототипу

№№ п/п	Интенсив- ность про- дувки, нм ³ /мин	Длитель- ность про- дувки мин.	Состав стали перед нагревом шлага, % вес.				Содержание FeO в шла- ке перед нагревом, % вес	Расход топ- лива на на- грев шлага, нм ³ /ч на тонну стали	Коефици- ент избытка кислорода на нагрев шлака
			C	Mn	S	P			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ниже нижнего значения ингредиентов									
1.	40	188	0.20	0.14	0.032	0.016	26.5	5	0.85
При нижних значениях ингредиентов									
2.	50	150	0.25	0.18	0.033	0.016	24.2	7	0.90
При средних значениях ингредиентов									
3.	100	75	0.35	0.21	0.033	0.016	22.1	11	1.00
При верхних значениях ингредиентов									
4.	150	50	0.45	0.28	0.035	0.016	17.5	15	1.10
Выше верхних значениях ингредиентов									
5.	170	41	0.50	0.29	0.036	0.017	17.4	20	1.20
Прототип									
6.	90	85	0.15	0.09	0.032	0.016	28.4	-	-

Продолжение таблицы

№ п/п	Длительность периода нагрева шлака, мин. (%)	Состав стали на выпуске, % вес.							Содержание FeO в шлаке на выпуске, % вес.	Содержание CO в дымовых газах, %
		C	Mn	S	P	O	N	H см ³ /100		
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ниже нижнего значения ингредиентов										
1.	25 (14)	0,15	0,13	0,029	0,016	0,032	0,0052	3,3	26,5	0,50
При нижних значениях ингредиентов										
2.	22,5 (15)	0,15	0,17	0,023	0,013	0,028	0,0049	3,1	23,8	0,30
При средних значениях ингредиентов										
3.	17,0 (22,5)	0,15	0,19	0,028	0,014	0,026	0,0044	2,8	17,9	0,25
При верхних значениях ингредиентов										
4.	15,0 (30)	0,15	0,22	0,029	0,015	0,021	0,0032	3,2	12,9	0,25
Выше верхних значениях ингредиентов										
5.	13,0 (35)	0,15	0,23	0,031	0,016	0,020	0,0030	3,4	11,8	0,25
Прототип										
6.	—	0,15	0,09	0,032	0,016	0,036	0,0055	3,5	28,4	0,25