

Изобретение относится к области сталеплавильного производства и, в частности, к производству низкосернистой стали в конвертерах.

Известны различные способы использования жидкого конечного конвертерного шлака с целью рафинирования железоуглеродистых расплавов.

Способ производства стали [1] заключается в том, что в конвертере оставляют шлак от предыдущей плавки и на него присаживают дезактивирующие материалы, перемещают их со шлаком, нейтральным газом (азотом), переводят его в неактивное состояние, а лишь затем производят заливку лома, извести, заливку жидкого чугуна и окислительную продувку.

Недостатком известных способов является низкая десульфурующая способность шлака при окислительной продувке. При этом в шлаке повышается SiO_2 , следовательно, снижается его десульфурующая способность, а содержание серы в металле повышается. Кроме того, используются различные дезактивирующие материалы, приводящие к удорожанию выплавляемой стали.

Наиболее близким техническим решением к заявленному по совокупности признаков и достигаемому результату является способ [2], принятый за прототип. Согласно этому способу для увеличения производительности и улучшения качества металла путем десульфурации предусматривается перед выпуском металла ввод в конвертер дробленного шлака окислительной плавки, выпуск металла производят, оставляя весь шлак в конвертере с последующим его раскислением путем ввода смеси восстановителей и шлака окислительной плавки, продувка шлакового расплава нейтральным газом, затем, после заливки углеродистого расплава, продувают его нейтральным газом, откачивают шлак и переходят к окислительной продувке.

Основными недостатками данного способа являются:

ввод 1-5% от веса металла дробленного шлака окислительной плавки, что является балластом, и на его расплавление расходуется значительное количество тепла, что приведет к снижению расхода лома;

для раскисления шлака вводят восстановители в количестве 1,0-1,25 от стехиометрически необходимого для восстановления Fe_2O_3 , MnO , Cr_2O_3 и др. Этот дополнительный расход материалов усложняет процесс и приводит к повышенному расходу восстановителя для раскисления шлака в конвертере;

шлак как десульфуратор используется не в полную меру. Таким образом, в известных технических решениях неэффективно и нетехнологично используется конечный конвертерный шлак для десульфурации металла жидким конечным конвертерным шлаком;

данный способ является весьма сложным, энергоемким и дорогим.

Целью настоящего изобретения является снижение содержания серы в металле, расхода восстановителя и повышение эффективности использования конечного конвертерного шлака.

Поставленная цель достигается тем, что способ производства низкосернистой стали, включающий оставление в конвертере шлака предыдущей плавки после выпуска стали в сталеразливочный ковш, раскисление шлака восстановителем, заливку чугуна, продувку шлакометаллического расплава инертным газом, слив шлака в ковш, загрузку в конвертер шлакообразующих и твердых железосодержащих материалов, продувку кислородом, в котором, восстановитель загружают в сталеразливочный ковш, а в качестве твердых железосодержащих материалов используют лом, при этом в конвертере оставляют 60-40% шлака предыдущей плавки, на который дробленной струей сливают чугун, шлакометаллический расплав продувают инертным газом в течение 1-2 минут; затем шлак сливают в чугуновозный ковш и на него из конвертера непрерывной струей сливают чугун, после чего шлак скачивают, при этом в конвертер загружают шлакообразующие материалы, лом, сливают из чугуновозного ковша чугун и продувают кислородом, а после окончания продувки 30-40% конвертерного шлака сливают в сталеразливочный ковш на предварительно загруженный восстановитель и через 3-5 минут выпускают на него из конвертера сталь с одновременным вводом раскислителей и легирующих добавок, затем расплав шлака и стали продувают аргоном. Количество восстановителя, вводимого в сталеразливочный ковш, составляет 1,05-1,10 от стехиометрически необходимого для восстановления в конвертерном шлаке оксидов железа, марганца и хрома.

Способ основан на снижении окисленности шлака (уменьшении FeO , Fe_2O_3 , MnO и др.) и росте при этом его серопоглотительной способности. В качестве исходного полупродукта используется конечный, высокоосновный, окисленный конвертерный шлак от предыдущей плавки и передельный чугун, предназначенный на следующую плавку, содержание серы в котором выше, чем в готовой стали. Способ осуществляется следующим образом.

В сталеразливочный ковш, подаваемый под конвертер на очередную плавку, предварительно вводят восстановители (различные низкосернистые материалы, уголь, ферросилиций, алюминий, силикокальций и др.) в количестве 1,05-1,10 от стехиометрически необходимого. По завершении окислительной продувки шлакометаллического расплава конвертер наклоняется и в сталеразливочный ковш сливается 30-40% шлака от общего его количества. Шлак при этом из окисленного превращается в восстановительный, известково-кремнеземисто-глиноземистый. После слива части шлака из конвертера отбираются пробы металла, шлака, замеряется температура ванны, ожидаются анализы. Проходит от 3-5 мин. За это время шлак в сталеразливочном ковше полностью превращается в восстановленный, синтетический. Затем сталь из конвертера сливается в ковш на шлак восстановленный. Ковш передается на установку для обработки стали аргоном, в ковше сталь обрабатывается уже как синтетическим шлаком, что способствует дальнейшему снижению серы в металле.

После слива стали в ковш конвертер наклоняется для слива в него чугуна на оставшийся шлак. Чугун сливается дробленной струей. После слива чугуна шлакометаллические расплавы интенсивно перемешиваются в течение 1-2 минут инертным (Ar , N_2 и др.) или восстановительным (CO) газами, в результате завершаются массо- и теплообменные процессы между взаимодействующими шлакометаллическими расплавами. При сливе чугуна и в период перемешивания его со шлаком протекают на поверхности раздела фаз окислительно-восстановительные процессы. Окисляются элементы чугуна (Si , Ti , C), обладающие более высоким химическим сродством к кислороду, чем к железу, марганцу, хрому и т.д.

Восстанавливаются в шлаке FeO , Fe_2O_3 , MnO , элементы которых обладают низким сродством к кислороду. Снижается окисленность шлака и повышается его серопоглотительная способность, содержание серы в шлаке увеличивается, а в чугуне снижается. По завершении перемешивания расплавлен шлак через горловину конвертера сливается в чугуновозный ковш, на него потом сливается чугун из конвертера. Шлак и чугун в ковше интенсивно перемешиваются и завершаются окислительно-восстановительные процессы, переход серы из чугуна в шлак. Содержание серы в шлаке повышается, в чугуне понижается. Таким образом, завершается обработка чугуна шлаком, десульфурierende способность которого приближается к доменному, содержание серы в нем повышается до 1% и более. Использованный и насыщенный серой шлак, содержащий относительно высокое содержание SiO_2 и S, отделяется от чугуна, а в конвертер в это время загружается необходимое количество лома, извести. После скачивания сернистого шлака из ковша и загрузки в конвертер необходимых материалов чугуна, но уже обессеренный и без шлака, сливается в конвертер. Начинается окислительная продувка. Перед десульфурацией чугун имеет температуру около 1320-1340°C, после десульфурации температура его возрастает на 100-200 градусов за счет высокой начальной температуры шлака (1635-1645°C), окислительных процессов, что позволяет расплавить дополнительное количество металлического лома.

Пример конкретного применения.

В сталеразливочный порожний ковш загружается восстановитель, в частности ферросилиций марки Сиб65 в количестве 0,904 т.

После завершения окислительной (верхней или комбинированной) продувки в конвертере получили металл состава: 0,07% С, 0,05% Мп, 0,005% Р, 0,020% S; и шлак состава: 45% CaO , 15% SiO_2 , 20% FeO , 5,9% Fe_2O_3 , 8% MgO , 4% MnO , 1% P_2O_5 , 1% Al_2O_3 , 0,1% S. Температура расплавов 1640°C. Конвертер наклоняют и сливают 9 т шлака в сталеразливочный ковш, а остальная часть шлака остается в конвертере. После этого конвертер наклоняют к рабочей площадке и отбирают пробы металла, шлака, замеряют температуру ванны. Затем конвертер наклоняют и сливают в сталеразливочный ковш 330 т стали, присаживая в ковш по ходу слива 2,5 т силикомарганца, 1,5 т силикохрома, 0,7 т алюминия и 0,4 т ферротитана.

В процессе слива в ковш сталь интенсивно перемешивается со шлаком, содержание FeO в шлаке снижается до 1% и менее и содержание серы в нем повышается до 0,35%, а концентрация серы в металле, следовательно, снижается до 0,014%. При дальнейшей обработке металла в ковше аргоном процесс десульфурации завершается еще до более низкой концентрации серы в стали, равной 0,013%.

На оставшиеся в конвертере 16 т шлака сливается дробленой струей 277,5 т чугуна, содержащего 4,1% С, 0,2% Мп, 0,8 Si, 0,1% Р, 0,050% S. После слива чугуна со шлаком перемешивается; обрабатывается инертным или восстановительным газом в течение 1,5 мин. Затем сливается из конвертера шлак в чугуновозный ковш, а на него сливают из конвертера чугун непрерывной струей, в результате такой обработки содержание серы в шлаке возросло с 0,1 до 1,15%, а в чугуне снизилось с 0,05 до 0,012%. Шлак этот выполнил свою десульфурierende роль, в дальнейшем использование его вредно, и он удаляется из чугуновозного ковша путем слива или скачивания. В это время в конвертер загружается 4,0 т извести, 86,5 т лома, и на эти материалы сливается уже обессеренный чугун. Начинается окислительная продувка.

В таблице приведены результаты опытных плавов, проведенных по предложенному способу и способу-прототипу, а также плавки с выходом за пределы оптимальных значений. Приведенные в таблице данные показывают, что наилучшие результаты по снижению содержания серы в продукте и готовом металле получаются при выплавке стали по заявленному техническому решению.

Заявленный способ производства низкосернистой стали прост, в осуществлении, не требует специального оборудования и значительного дополнительного расхода материалов, энергии. Однако он позволяет более полно (более эффективно) использовать конвертерный шлак для десульфурации чугуна и продутого в конвертере металла, снизить расход жидкого чугуна, извести, кислорода на плавку. Обработка стали в ковше позволяет использовать шлак, стоимость которого в 30-40 раз ниже стоимости синтетического шлака, полученного в дуговых плавильных печах; расширить сортамент низкосернистых качественных сталей, является дешевым по сравнению с известными способами, что, вместе взятое, дает значительный экономический эффект народному хозяйству.

Основные показатели обработки чугуна и стали конвертерным шлаком

Граничные признаки	Величина	Масса конвертерного шлака, т			Расход на плавку, т			Содержание серы, % в			
								чугуне		стали	
								до	после	до	после
		общая	в конвертере	в ковше	чугуна	пома	извест-ти	обработки металла конвертерным шлаком			
Сито конвертерного шлака в сталеразливочный ковш, %	30	25	17,5	7,5	278	87	12,5	0,050	0,010	0,022	0,013
	40	25	15,0	10,0	279	86	12,5	0,050	0,014	0,022	0,014
	20	25	20	5,0	277	88	12,5	0,050	0,009	0,021	0,016
	50	25	12,5	12,5	280	85	12,5	0,050	0,025	0,024	0,017
Расход восстановителя в ковш в количестве от стехиометрически необходимого для восстановления оксидов	1,05	25	15,0	10,0	278	87	12,5	0,050	0,014	0,022	0,014
	1,10	25	15,0	10,0	278	87	12,5	0,050	0,014	0,022	0,014
	0,9	25	15,0	10,0	278	87	12,5	0,050	0,014	0,022	0,016
	1,2	25	15,0	10,0	278	87	12,5	0,050	0,014	0,022	0,017
Оставление шлака в конвертере, %	60	25	15,0	10,0	279	86	12,5	0,050	0,014	0,021	0,014
	70	25	17,5	7,5	278	87	12,5	0,050	0,012	0,017	0,014
	50	25	12,5	12,5	280	85	12,5	0,050	0,023	0,024	0,017
	80	25	20,0	5,0	277	88	12,5	0,050	0,009	0,021	0,018
Продолжительность перемешивания в конвертере	1	25	15,0	10,0	279	86	12,5	0,050	0,011	0,019	0,012
	2	25	15,0	10,0	279	86	12,5	0,050	0,011	0,019	0,012
	0,5	25	15,0	10,0	279	86	12,5	0,050	0,030	0,025	0,019
	2,5	25	15,0	10,0	279	86	12,5	0,050	0,025	0,022	0,017
Прототип (оставление конвертерного шлака)	30-75	50	60	-	285	70	25	0,050	0,028	0,025	0,024