



The technology of the steel refining by powder materials at the unit "bowl-furnace" is presented.

В. С. ПИШИКИН, А. В. КОВАЛЕВ, С. Е. ГРИНБЕРГ, В. П. СТЕЦ,
Ф. Г. ГАРЕЕВ, А. С. ЗАЗЯН, РУП «БМЗ»

УДК 669

ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАФИНИРОВАНИЯ СТАЛИ ПОРОШКООБРАЗНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА АГРЕГАТЕ «КОВШ-ПЕЧЬ»

Наиболее актуальными задачами, стоящими в настоящее время перед коллективом РУП «БМЗ», являются рост производительности при сокращении себестоимости продукции и расширение выпускаемого сортамента.

В условиях сталеплавильного производства рост производительности может быть обеспечен только путем комплексного ее увеличения на всех агрегатах цепочки технологической схемы:

ДСП → УВОС (ПК + RH) → МНЛЗ.

Увеличение производительности ДСП обеспечивалось в ходе реконструктивных мероприятий, проводимых в течение последних лет, путем повышения энергонасыщенности печей. Для соответствующего увеличения пропускной способности УПК необходимо сокращать время внепечной обработки при обеспечении требуемого качества обрабатываемого металла. Освоение новых марок стали в ряде случаев вызывает необходимость проведения глубокой десульфурации. Высокая степень десульфурации стали достигается повышением кратности рафинировочного шлака и оптимизацией его состава. Повышение кратности шлака в свою очередь требует увеличения расхода шлакообразующих материалов и электроэнергии, затрачиваемой на процесс шлакообразования (нагрев и плавление), и приводит к увеличению длительности внепечной обработки. Соответственно растут расходы по переделу и снижается производительность, поэтому обычная кратность рафинировочного шлака сталеплавильного производства РУП «БМЗ» не превышает 1,5–2,0%. Таким образом, решение проблемы требует оптимизации шлакового режима и применения специальных методов обработки, в частности инъекционной обработки жидкой стали порошкообразными материалами.

По данным авторов [1], гомогенный жидкоподвижный шлак и наиболее высокая степень

десульфурации получены при наведении шлака состава 62% CaO, 28% Al₂O₃, 3% SiO₂, 5% CaF₂, 2% MgO. При этом содержание кремнезема в шлаке следует регулировать в соответствии с соотношением

$$\%SiO_2 < 2,85 \frac{\%CaO + \%CaF_2}{\%Al_2O_3} \quad (1)$$

Для повышения производительности установок внепечного рафинирования и обеспечения возможности проведения глубокой десульфурации в электросталеплавильных цехах РУП «БМЗ» агрегаты «ковш-печь» оборудованы установками фирмы «Velco», предназначенными для вдувания порошкообразных материалов под уровень металла. Вдувание осуществляется через расходующую металлическую трубу, глубина погружения которой в металл по мере сгорания трубы поддерживается автоматически.

Установка обеспечивает расход вдуваемого материала до 70 кг/мин при рабочем давлении газа-носителя (аргон или азот) в пределах 2–3 бар. Зависимость расхода материала от рабочего давления газа-носителя показана на рис. 1.

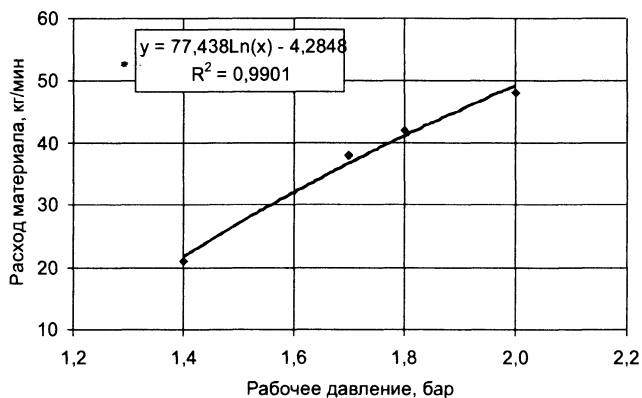


Рис. 1. Зависимость расхода материала от рабочего давления

В соответствии с существующей в цехе технологией при выпуске стали из ДСП в ковш присаживают кусковую известь (3–4 кг/т) и плавиковый шпат (0,7–1 кг/т), а также чушковый алюминий в количестве, рассчитанном по замеру активности кислорода в металле перед выпуском прибором «Multi-Lab Celox» (до 2,5 кг/т). Образующийся первичный рафинировочный шлак обогащен продуктами раскисления, в первую очередь Al_2O_3 и SiO_2 , а также оксидами, вносимыми с печным шлаком – MgO , FeO , MnO . Типичный состав шлака при обработке раскисленных алюминием плавов: 40–45% CaO , 15–25% Al_2O_3 , 10–20% SiO_2 , 5–10% CaF_2 , 5–10% MgO . Шлак такого состава имеет низкую температуру плавления и достаточную жидкоподвижность, что способствует быстрому ошлаковыванию вводимой извести и началу процесса десульфурации во время интенсивной продувки аргоном. Однако ввиду малой кратности шлака (~1%) и низкого содержания в нем свободного CaO степень десульфурации на данном этапе обработки не превышает 20–30%.

В ходе дальнейшей обработки на агрегате «ковш-печь» по обычной схеме наводится высокоосновный шлак присадками кусковой извести и плавикового шпата общей массой до 500–800 кг на плавку. При обработке марок стали с содержанием серы $\leq 0,015\%$ увеличивают расход извести или производится инъекционная обработка вдуванием порошкообразной металлургической смеси «Turbo-kalk» (92% CaO) на установке фирмы «Velco». Конечный рафинировочный шлак содержит 55–60% CaO , 15–20% Al_2O_3 , 10–20% SiO_2 , 5–10% MgO при основности $B' = 2,5–3,5$.

Вследствие высокой основности снижаются гомогенность и жидкоподвижность шлака, что не позволяет достичь теоретически возможной степени десульфурации. Достижимая общая степень десульфурации составляет в среднем 65% при работе на извести и 70% при замещении части извести вдуваемой металлургической смесью «Turbo-kalk». Применение на агрегате «ковш-печь» плавикового шпата в качестве разжижителя шлака, по мнению авторов [2], нецелесообразно по технологическим и экологическим причинам. Для достижения приведенного выше оптимального состава шлака необходимо увеличивать содержание в нем Al_2O_3 при максимально возможном снижении содержания SiO_2 и MgO .

Испытание рафинирующей шлаковой смеси для вдувания (ИРС-2) производства ОАО «НПП»Техмет»С проводили на агрегате «ковш-печь» ЭСПЦ-2 вдуванием в объем металла с помощью инъекционной установки фирмы «Velco».

Смесь ИРС-2 представляет собой плавный шлак следующего химического состава, мас. %:

CaO	Al_2O_3	MgO	C	SiO_2	K_2O+Na_2O	CaF_2
53,0	15,0	3,8	0,3	14,0	7,0	7,0

Особенностью данного материала является специально подобранный для обеспечения безребойной подачи по системе пневмотранспорта гранулометрический состав с классом крупности до 3 мм, в том числе менее 0,1 мм – не более 15 мас.%, и низкая температура плавления, составляющая 1300–1350 °С.

При проведении опытных плавов с вдуванием 1,8–2,5 кг/т ИРС-2 снижали расход присаживаемой на агрегате «ковш-печь» кусковой извести, присадку плавикового шпата не проводили. При анализе результатов эксперимента оценивали влияние использования ИРС-2 на технологические параметры обработки стали.

На рис. 2 приведена зависимость степени десульфурации стали (от выпуска до готовности стали) от продолжительности обработки стали. Известно, что при серийной разливке стали продолжительность обработки стали на агрегате «ковш-печь» в значительной мере определяется темпом подачи плавов на МНЛЗ. При фактической длительности обработки плавов (в среднем 60–70 мин) степень десульфурации стали рядового сортамента составляет 65–70%.

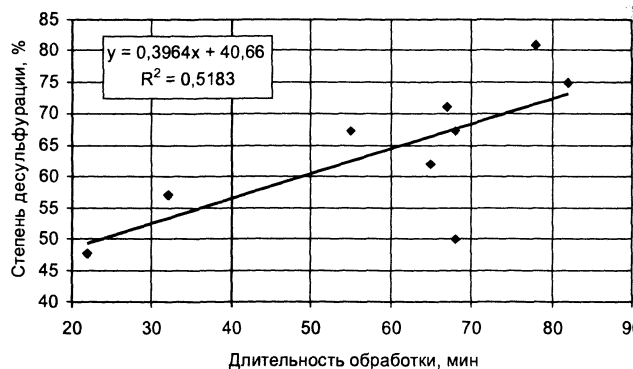


Рис. 2. Зависимость степени десульфурации от длительности обработки

В значительной мере степень десульфурации стали определяется количеством рафинировочного шлака, включающего часть печного шлака, присадки шлакообразующих в процессе выпуска и присадки на агрегате «ковш-печь».

Установлено (рис. 3), что степень десульфурации на уровне 65–70% обеспечивается при кратности рафинировочного шлака 1,7–2,1%. Такое количество шлака соответствует толщине его слоя в ковше порядка 115–145 мм, что обеспечивает закрытие дуги на рабочих режимах (длина дуги – 60–90 мм).

Степень десульфурации определяется также начальным содержанием серы (по фактическим данным содержание серы на выпуске составляет 0,035–0,060%) и десульфурующей основностью шлака (рис. 4), которая, согласно [2], рассчитывается по формуле:

$$B' = \frac{(\%CaO) + 0,05(\%MgO)}{(\%SiO_2) + 0,6(\%Al_2O_3)} \quad (2)$$

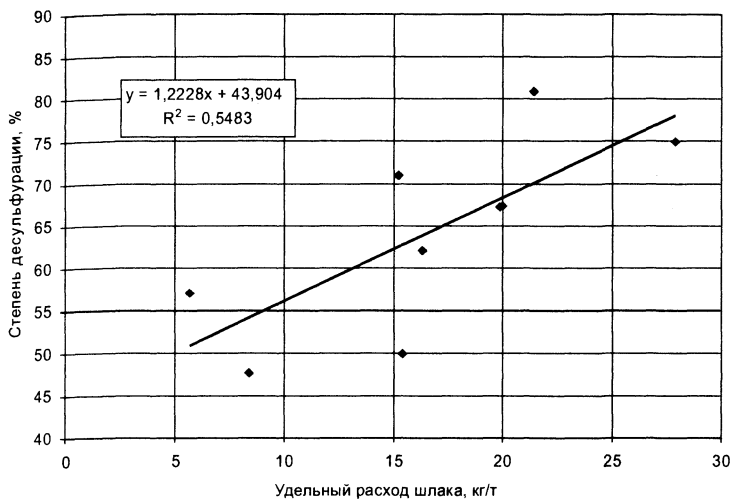


Рис. 3. Зависимость степени десульфурации от удельного расхода шлака

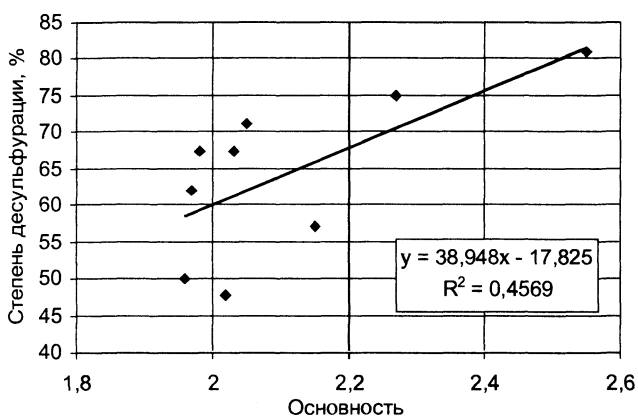


Рис. 4. Зависимость степени десульфурации от основности шлака

Приведенные выше данные (рис. 2–4), подтвержденные на большом массиве плавки, можно использовать для прогноза достигаемой при заданной технологии степени десульфурации стали или корректировать параметры технологического процесса внепечной обработки по заданной степени десульфурации.

Замерами температуры стали перед и после дувания материала установлено, что среднее снижение температуры плавки при среднем расходе ИРС-2 в 1,88 кг/т составляет 7 °С. Расчетное снижение температуры стали при расплавлении ИРС-2 (удельный расход 1,9 кг/т) и нагрева его до температуры 1600 °С составило 4 °С. Разница между расчетным значением температуры и фактическим замером, по нашему мнению, определяется затратами тепла на нагрев газа-носителя и потерями тепла излучением и конвекцией в процессе дувания.

Визуальной оценкой состояния шлакового покрова после обработки стали на агрегате «ковш-

печь» установлено, что при существующей технологии (наводка рафинировочного шлака известью и плавиковым шпатом) после прекращения нагрева вязкость шлака быстро увеличивается и естественно массообмен между ним и металлом замедляется.

При использовании ИРС-2 шлак остается жидкоподвижным и после прекращения нагрева, что подтверждается продолжением процесса десульфурации на опытных плавках в течение вакуумирования и разлива стали. В процессе вакуумирования на РН между шлаком и металлом происходит интенсивный массообмен, что способствует более глубокой десульфурации.

Использование ИРС-2 способствует раннему формированию рафинировочного шлака, а наличие в ее составе оксидов алюминия и щелочных металлов вызывает разжижение шлака и ускоряет растворение извести. Наиболее высокая степень десульфурации достигается на плавках с ранним шлакообразованием, обеспечиваемом совместной отдачей извести и ИРС-2 сразу по прибытии плавки на «ковш-печь».

Вследствие ускорения процесса шлакообразования увеличивается скорость десульфурации стали (на опытных плавках от 2,4 до 3,3 rpm/мин). Это позволяет сократить продолжительность обработки стали на агрегате «ковш-печь» или достигать глубокой десульфурации стали без увеличения длительности обработки.

За счет сокращения длительности обработки и снижения затрат энергии на растворение извести экономия электрической энергии составила 6,8 кВт·ч/т стали. Следует отметить, что расход электрической энергии, помимо указанных выше причин, определяется и организационными причинами (темп подачи плавки на МНЛЗ при серийной разливке). В случае использования ИРС-2 имеется резерв времени, позволяющий уменьшить негативное влияние организационных причин на десульфурацию стали.

Литература

1. Greenbarg L.A., Lean A. // Steelmaking Conf. Proc. ISS-AIME. 1980. Vol. 63. P. 201–208.
2. Дюдкин Д.А., Бать С.Ю., Гринберг С.Е., Маринцев С.Н. Производство стали на агрегате «ковш-печь». Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2003.
3. Григорян В.А., Стомахин А.Я., Пономаренко А.Г. и др. Физико-химические расчеты электросталеплавильных процессов. М.: Металлургия, 1989.