



Analysis of injection technologies shows that the largest prevalence they got at application on powerful electric arc furnaces and at out-of-furnace processing of big volumes of metal. At the same time theoretical and experimental basis of using of injection technologies is constantly being replenished with new investigations.

С. В. КОРНЕЕВ, БНТУ

УДК 669.21

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕКЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Введение. Термин «инжекционная металлургия» был широко введен в обиход шведскими металлургами в 70-е годы XX в. Метод вдувания позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели процесса производства стали и чугуна. В настоящее время инъекционные технологии, применяемые в металлургическом производстве, весьма разнообразны. К ним можно отнести использование инъекции топлива и кислорода в рабочее пространство печей при помощи горелок и различных фурм, вдувание порошковых материалов в расплавы для операций рафинирования, легирования и модифицирования металла, продувку жидкого металла кислородом, продувку металла инертными газами через фурмы различных конструкций и расположения, а также совмещение ввода топлива, газов и порошковых материалов. В сталеплавильном производстве широкое распространение получает торкретирование металлургических агрегатов при помощи инъекционных установок. Кроме того, инъекция различных сред и порошковых материалов используется на различных стадиях получения металлургической продукции.

Наибольшее распространение инъекционные технологии получили на высокомошных электродуговых печах и при проведении внепечной обработки стали. Современные высокомошные дуговые печи имеют особенности, которые исторически появились в результате работ по интенсификации плавки, энергосбережению и стремления улучшить качество продукции. Для этих целей в 60-е годы в практику было введено использование кислорода для продувки ванны. Для защиты стеновых панелей от излучения дуг и осуществления максимальной передачи энергии ванне расплава стали использовать управляемое вспенивание шлака. Далее была предложена технология, которая предпо-

лагает быстрое расплавление металлошихты в дуговой сталеплавильной печи, а процессы доводки металла по химическому составу проводят на установке печь-ковш. Для интенсификации процесса плавки, а также выравнивания температуры и химического состава расплава в объеме ванны была введена донная продувка. Идет постоянное совершенствование систем автоматического управления работой печи. С развитием конструкций электродуговых печей доля электрической энергии в их тепловом балансе неуклонно падает. Это связано с тем, что 1 м³ вводимого в электродуговые печи кислорода позволяет сократить расход электрической энергии на 4–5 кВт·ч/т (при общем количестве до 40 м³/т), а 1 м³ природного газа – на 8–9 кВт·ч/т. Кроме того, инъекционные технологии дают возможность эффективно использовать значительное количество углерода (до 15 кг/т).

Постоянное развитие инъекционных технологий открывает новые возможности и позволяет расширять области, где их применение будет экономически выгодно.

Конструктивные особенности инъекционных систем. Современные электродуговые печи имеют фурмы для инъекции сред и материалов в рабочее пространство. Расположение основного технологического оборудования высокомошных ДСП приведено на рис. 1.

На рис. 2 показана схема системы подачи порошкообразной извести в электродуговую печь.

Установка для продувки металла порошкообразными материалами содержит пневмонагнетатель; систему контроля подачи газопорошковой смеси; систему пневмотранспорта и фурму; вспомогательное оборудование (подъемно-транспортные устройства, систему очистки газов, бункера для хранения порошков, участок подготовки фурмы и т. д.).

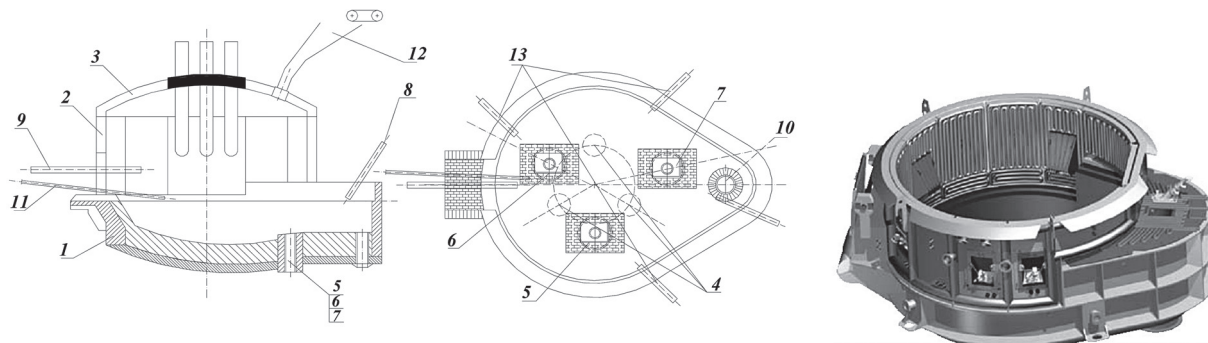


Рис. 1. Конструкция современной сверхмощной электродуговой печи: 1 – подина; 2 – водоохлаждаемый корпус; 3 – водоохлаждаемый свод; 4 – система электродов; 5, 6, 7 – подовые фурмы; 8 – эркерная фурма-горелка; 9 – фурма-манипулятор; 10 – эркер; 11 – кислородное копьё; 12 – система подачи окатышей и присадочных материалов; 13 – стеновые топливно-кислородные горелки

Широкое распространение в Европе получил TN-процесс (Thyssen Niederrhein), заключающийся во вдувании в ковш силикокальция либо других кальцийсодержащих порошков через верхнюю фурму, погруженную в жидкий металл. В США и некоторых других странах широко применяется САВ-процесс (Capped Argon Bubbling) – аналог TN-процесса. Жидкую сталь выпускают в ковш, закрываемый затем крышкой, через которую вводят фурму для вдувания кальция в струе аргона.

На рис. 3 представлена общая схема устройства для продувки стали кальцийсодержащими реагентами.

Кроме того, существует большое число разновидностей данных процессов, имеющих свои особенности и собственные наименования. Например, IR-UT-процесс, помимо вдувания кальцийсодержащих материалов, имеет ввод порошковой проволоки трайб-аппаратом и непогружную продувку кислородом сверху. Свои варианты данных процессов существуют во многих странах, в которых в 90-е годы XX в. работало свыше 300 подобных установок. Различные элементы представленных вариантов (продувка аргоном и вдувание кальцийсодержащих материалов через погружную фурму)

используются на агрегатах печь-ковш (ladle-furnace), применяемых для внепечной обработки сталей на Белорусском металлургическом заводе.

За последние 60 лет было разработано и внедрено достаточно большое количество разных инжекционных систем. При этом исследованиям и совершенствованию подвергаются как способы ввода сред и материалов с целью повысить эффективность процессов (усвоение материалов, перемешивание и др.), так и само оборудование (надежность, диапазон расходов и др.).

В настоящее время наиболее известными поставщиками технологий и оборудования, использующих инъекцию сред и материалов на европейском рынке, являются фирмы «More», «Velco GmbH» и «Stein Industrie-Anlagen».

Фирма «Velco GmbH» уже более 35 лет разрабатывает и производит машины для литейного производства, сталелитейной и металлургической промышленности. Области применения пневмотранспортных установок фирмы «Velco» достаточно разнообразны:

- инъекция угольной пыли и извести в мартеновскую печь;

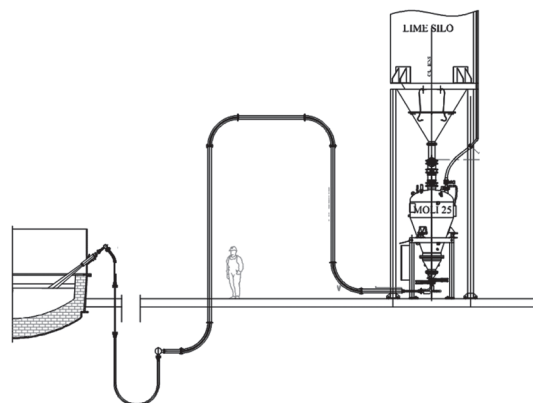


Рис. 2. Система вдувания порошкообразной извести (система MOLI) в электродуговую печь

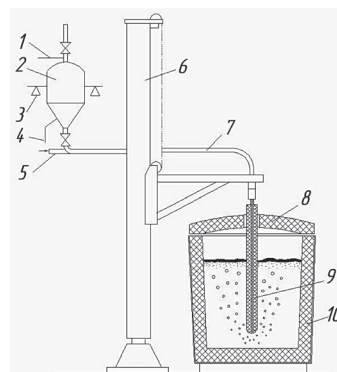


Рис. 3. Устройство для продувки стали кальцийсодержащими реагентами: 1 – линия наддува; 2 – раздаточный бункер; 3 – весоизмерительное устройство; 4 – линия создания псевдоожижения; 5 – транспортная линия; 6 – стойка; 7 – линия подачи материала; 8 – крышка; 9 – фурма; 10 – ковш

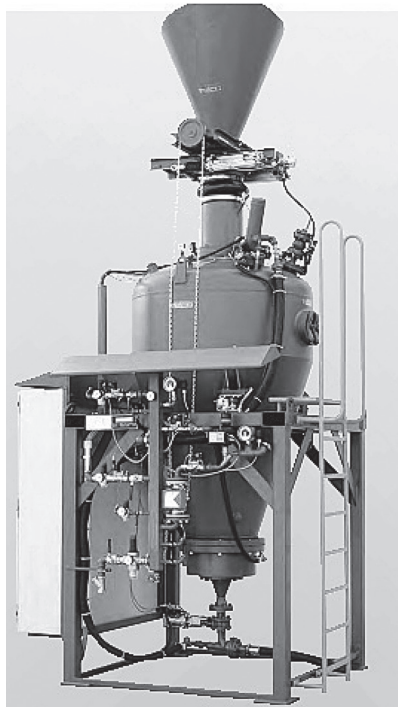


Рис. 4. Система Unidos

- инжекция угольной пыли, фильтровальной пыли, железорудной пыли или титаносодержащих материалов в доменную печь;
- вспенивание шлаков путем инжекции угольной пыли в электродуговую печь;
- подачи кокса, извести, фильтровальной пыли;
- инжекция угольной пыли, извести или легирующих добавок в сталковши для коррекции химического состава стали;
- десульфурация расплавов чугуна и стали.

Фирма «Velco» выпускает следующие пневмотранспортные установки для инжекции материалов в металлургические агрегаты: EKS, Unidos, EDS, RE с различными модификациями. Данные пневмотранспортные инжекционные установки охватывают большой спектр применений: вдувание углерода, извести, ферросплавов и др.

На рис. 4 показана система Unidos.

Для литейного производства фирмой «Velco» выпускаются модификации данных установок с небольшой производительностью.

Рассмотрим основные области применения инжекционных технологий в металлургическом производстве.

Инжекция сред

Применение газокислородных (топливно-кислородных) горелок (ГКГ (ТКГ)). Анализ теоретических исследований процессов нагрева и плавления металлошихты в ДСП, а также опыта эксплуатации дуговых печей позволяет отметить следующие направления оптимизации энергетических режимов:

1) минимальное использование электроэнергии – наиболее дорогого энергоносителя, применение которого связано с наибольшими затратами первичного топлива. На получение 1 кВт·ч электроэнергии расходуется 3,1–3,3 кВт·ч топлива;

2) использование в ДСП максимально возможных количеств относительно дешевого органического топлива, преимущественно кокса, угля, а также природного газа.

Газокислородные горелки, устанавливаемые в ДСП, обеспечивают ускорение процесса нагрева и расплавления шихты (особенно той части шихты, которая находится на периферии), а также замещают часть электрической энергии. За последние годы накоплен достаточный опыт использования горелочных устройств в электродуговых печах, что позволяет определить оптимальные режимы их работы. Представляют интерес работы, в которых приводится сопоставление показателей работы до и после установки горелок. Например, в работе [1] рассмотрен опыт применения газокислородных горелок для 200-тонной ДСП. Горелки вводятся в рабочее пространство печи через отверстия в своде. Результаты плавки с горелками сопоставляли с показателями обычной работы печи. Суммарная мощность горелок составляла около 22 МВт или 30% мощности трансформатора. Продолжительность плавления сократилась на 15%, а всей плавки – на 7%. Соответственно расход электроэнергии на плавление уменьшился на 12%, а на всю плавку – на 9%. Из результатов работы следует, что при замещении мощности трансформатора в 30% экономия электрической энергии составляет 12%. Это связано с тем, что КИТ горелок существенно падает при прогреве шихты. Однако при пересчете на первичное топливо использование горелочных устройств и топливных фурм экономически выгодно и, кроме того, повышает производительность печи.

Продувка кислородом. Продувка ванны кислородом позволяет увеличить скорость окисления примесей, а, следовательно, ускорить процесс расплавления шихты, что повышает производительность печей. В работе [2] показано, что погружаемая продувка при равных расходах газа значительно превосходит по интенсивности перемешивания непогружаемую продувку. Так как угар легирующих (из шихты) и железа уменьшается при увеличении скорости обезуглероживания, которая может быть увеличена за счет улучшения подвода углерода к месту реакции при перемешивании, то усиление импульса кислородной струи должно улучшать технологические показатели плавки. Это обстоятельство подтверждается результатами работы

[3]. Использованию кислорода в сталеплавильных печах посвящено большое количество работ. Эффективность и особенности применения кислорода в дуговых печах достаточно подробно рассмотрены в работе [4].

Продувка инертными газами. В 1998–2000 гг. Белорусский металлургический завод совместно с немецкой фирмой «Techcom» и австрийской фирмой «Veitscher-Radex-Didier» (VRD) впервые в СНГ освоил и внедрил системы донной продувки ванны двух электродуговых печей инертными газами [5]. Сравнительный анализ показателей плавок до и после установки донной продувки свидетельствует о высокой эффективности данной технологии: продолжительность плавки под током уменьшилась на 3 мин, удельный расход электроэнергии снижен на 15–20 кВт·ч/т, извести – на 8–10 кг/т (15–20%), содержание фосфора – на 45–50%, серы – на 15–20, азота перед выпуском – на 15–20, угар легирующих – на 5%. Кроме того, уменьшилось количество неметаллических включений в стали. Впоследствии донная продувка была введена и на оставшейся печи [6]. Расход инертного газа на продувку для 100-тонной печи составил от 20 до 40 л/мин на одно продувочное устройство (всего три устройства) в зависимости от периода плавки.

Современные сверхмощные и высокоомощные печи сконструированы для интенсивного высокоскоростного расплавления металлошихты и окисления углерода, кремния, марганца и фосфора с частичным окислением и других элементов. Остальные операции должны проводиться методами внепечной обработки в отдельных агрегатах. Специализация агрегатов по операциям позволяет увеличить эффективность проведения каждой операции с увеличением общей производительности.

Ковшовая металлургия позволяет проводить многие операции по рафинированию стали быстрее, с большей эффективностью и лучшей воспроизводимостью результатов.

На установках «печь-ковш» Белорусского металлургического завода широко используется про-

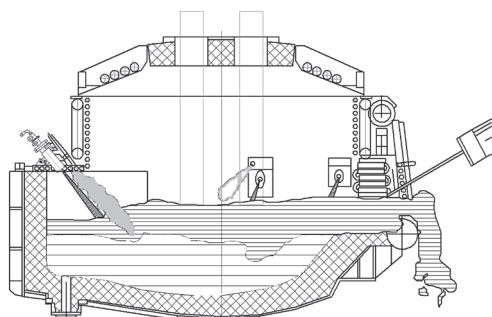


Рис. 5. Вспенивание шлака в электродуговой печи

дувка инертными газами как через донные фурмы (пористые пробки), так и погружные.

Инжекция материалов

Вдувание углеродсодержащих материалов.

Способы ввода реагентов в металл разнообразны, поэтому под терминами «инжекционная металлургия» и «вдувание порошков» подразумевают большое число самых разнообразных технологий.

В металлургическом производстве вдувание углеродсодержащих материалов получает все большее распространение, так как позволяет использовать данные материалы как в качестве топлива, так и для выполнения специфических функций.

Применительно к доменному производству можно отметить технологию вдувания пылеугольного топлива в доменные печи на основе пневмотранспорта псевдоожиженной плотной фазы (Технология PCI+®)

В сталеплавильном производстве инжекция порошкообразных углеродсодержащих материалов (графита, кокса и др.) позволяет решать следующие задачи: регулирование содержания углерода в металле; увеличение содержания углерода при недостатке чугуна; раскисление стали; рафинирование стали от газов и неметаллических включений выделяющимися пузырями CO.

Порошок графита или кокса можно вдувать в сталь в самой печи, а также в ковш или струю металла.

Широкое распространение получила технология вспенивания шлака (SLAG FOAMING) (рис. 5), основным элементом которой является инжекция с пневматическим дозированием угольного (углеродсодержащего) порошка. Данная технология используется на подавляющем большинстве электродуговых печей (высокомощных), в том числе и на Белорусском металлургическом заводе, и позволяет защитить водоохлаждаемые панели от излучения дуг, скрыв их под слоем шлака, а также

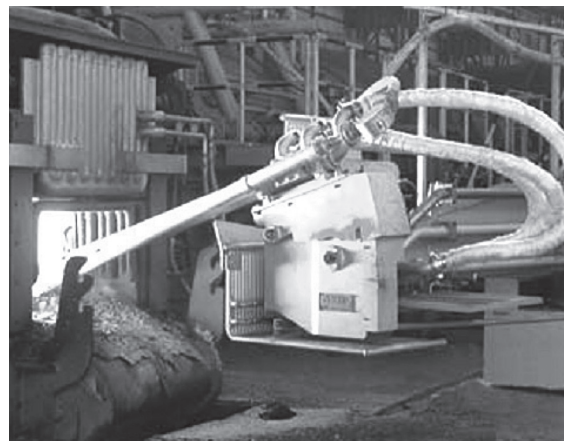


Рис. 6. Технология PARPI, разработанная фирмой MORE

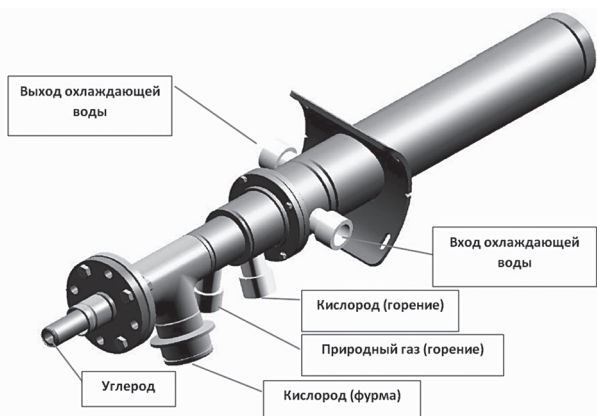


Рис. 7. Фурма Hi_JET

ускорить ход необходимых химических реакций [7, 8].

Для обеспечения вспенивания шлака и других функций наиболее распространен вариант вдувания кислорода и углеродсодержащих материалов через технологическое окно при помощи фурм, установленных на манипуляторе (например, технология PARPI) (рис. 6).

Одним из лидеров изготовления технологического оборудования для технологий вдувания материалов является фирма MORE. Для вдувания углеродсодержащих материалов данной фирмой разработаны технология CarbonJet и пневматическая инжекционная система МОСА. Данная система встраивается в стеновые панели печи и имеет в совмещенном виде газокислородную горелку и инжектор углерода.

Характеристики системы МОСА: потребление воздуха для транспортировки материалов – менее 120 м³/ч; плотность транспортируемой фазы (угля, углерода) – 15 кг материала на 1 м³ газа; диапазон управления расходом углерода – от 10 до 50 кг/мин; расход транспортного газа – от 70 до 110 м³/ч; емкость бункера – 1500/2500/3000 л; длина транспортной линии – до 70 м.

Дальнейшим развитием инжекционных технологий фирмы MORE явилось создание модульных

систем, сочетающих в себе продувку кислородом в сверхзвуковом режиме с инжекцией углеродсодержащих материалов в дозвуковом режиме (технология Hi_JET), а также продувку кислородом (OxygenJet), углеродом (CarbonJet) и известью (LimeJet) (рис. 7).

Не менее известной является технология Co-Jet®, представленная фирмой «Praxair» в 1997 г. и установленная более чем на 70 электродуговых печах мощностью от 30 до 200 т (переменного и постоянного тока, включая шахтные печи и Consteel®). Особенностью технологии является длинный участок струи со сверхзвуковой скоростью [9].

Фирма VAI Fuchs предлагает электродуговые печи серии Ultimate высокой производительности с четырьмя фурмами RCB (Refining Combined Burner), двумя топливными горелками, тремя PC (Post Combustion) инжекторами кислорода для дожигания СО, тремя инжекторами углерода.

Помимо фурм-горелок, устанавливаемых стационарно фирмой MORE, также предлагается технология инжекции с подвижными фурмами PALMUR (рис. 8). Расход кислорода на фурму составляет 500 – 7000 м³/ч; скорость истечения кислорода из сопла – 1,8–2,2 Маха; расстояние между соплом и жидкой ванной – 300–350 мм; расход воды на охлаждение кислородной фурмы – 100–150 м³/ч; расход углерода – до 150 кг/мин; размер частиц – 0–8 мм; расход воды на охлаждение углеродной фурмы – 20–30 м³/ч.

Вдувание десульфураторов и дефосфаторов. При использовании шлакообразующих смесей для удаления фосфора в сталь обычно инжектируется в струе кислорода смесь, состоящая из извести, железной руды и плавикового шпата. Для удаления серы в сталь вводят (в струе аргона или азота) смеси на основе извести и плавикового шпата, а также смеси, содержащие, кроме шлакообразующих материалов, кальций, магний и другие материалы.

Такие составляющие, как кальций и магний, которые вследствие высоких энергий взаимодей-

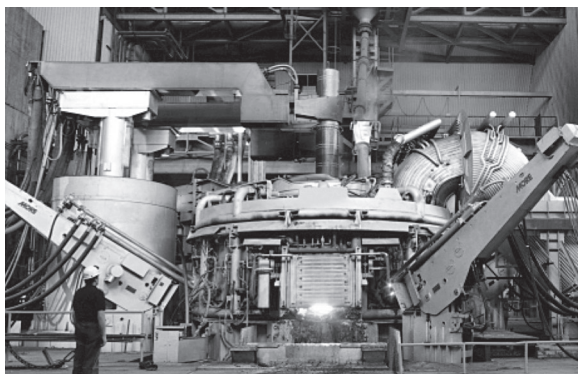


Рис. 8. Технология PALMUR

ствия и способности к воспламенению обычными способами вводить в сталь затруднительно, можно вводить в сталь инъекционным способом.

Эффективность использования инъекционных технологий подтверждается экспериментальными исследованиями, а также опытом работы металлургических агрегатов до и после внедрения инъекционных технологий. Например, в работе [10] приведены данные по десульфурации чугуна в открытом 200-тонном ковше. Продувка чугуна порошком Na_2CO_3 осуществлялась через фурму с глубоким погружением в количестве 2–6 кг/т (при обычной обработке с подачей Na_2CO_3 на дно ковша перед заливкой чугуна расход составлял 2–10 кг/т). При использовании продувки степень десульфурации достигала 70%, в то время как при обычной технологии она не превышает 30%.

В настоящее время для десульфурации металла по методу погружной фурмы применяется достаточно большое количество установок. Например, фирма «Polisius» уже более 35 поставляет комплектные установки для десульфурации горячего металла, работающие по методу погружной фурмы. Поставлено более чем 50 установок для десульфурации горячего металла по всему миру. Для минимизации эксплуатационных расходов на процесс десульфурации жидкого чугуна Полизиус предлагает специальную инъекционную технологию, имеющую запатентованное название MEPOL. Ядром технологии MEPOL является пневмокамерный конвейер с пятью гармонизированными блоками измерения и управления для измерения и управления всеми операционными параметрами, оказывающими влияние на процесс и точность дозирования. Таким образом, технология MEPOL обеспечивает высокую точность дозирования для каждого реагента-десульфуратора в течение всего процесса инъекции.

Группа компаний FOSECO для десульфурации чугуна использует технологию FOSCAST™. Продувка чугуна осуществляется в торпеде или ковше посредством фурмы, через которую в глубь расплава вдувают реагенты в виде извести, магнезия или CaC_2 .

Для обеспечения эффективной десульфурации в электродуговой печи и при внепечной обработке необходимо наведение высокоосновного шлака. Для ввода извести (или доломита) в электродуговые печи фирмой «Mogre» предлагаются установки LimeJet и технология MOLI.

Характеристики установки LIMEJET: мощность горелки – до 4 МВт; расход природного газа в режиме горелки – до 400 $\text{нм}^3/\text{ч}$; расход природ-

ного газа в режиме фурмы – до 60 $\text{нм}^3/\text{ч}$; инъекция извести – до 400 кг/мин; расход кислорода в режиме горелки – до 1000 $\text{нм}^3/\text{ч}$; расход кислорода в режиме фурмы – до 60 $\text{нм}^3/\text{ч}$.

На Белорусском металлургическом заводе при внепечной обработке инъекционные системы используются для ввода науглероживателя, а также вдувания шлакообразующей смеси.

На рис. 9 показана конструкция пневмотранспортной установки для агрегата печь-ковш.

Присадка шлакообразующих для наведения основного шлака производится через установку вдувания порошкообразных материалов или систему высотных бункеров путем присадки кусковой извести с общим расходом от 4 до 8 кг/т и плавиковошпатового концентрата в количестве от 1,0 до 1,5 кг/т. Установка VELCO предназначена для вдувания извести и плавикового шпата в жидкую сталь на установке печь-ковш и рассчитана для работы в трех режимах: поверхностная и глубокая инъекция, а также аварийная продувка. Инъекционная установка представляет собой аппарат, работающий по принципу пневмокамерного насоса.

Известь и плавиковый шпат вдуваются из двух отдельных бункеров. Бункера дополнительно оснащены в области конуса пневматическими разрыхлителями. Используемый сыпучий материал подается в нагнетательную камеру из бункеров в выборочном порядке при помощи регулируемых барабанных шлюзов. После наполнения нагнетательная камера герметично закрывается поворотной заслонкой. Сыпучий материал разгружается из машины через находящуюся на воздухопроницаемом днище воронку. Расход материала регулируется верхним давлением. Инъекционная установка рассчитана для работы с материалом зернистостью от 0 до 3 мм. При этом допускается грубая фракция до 5 мм. Расход материала составляет до 60 кг/мин. В качестве несущего газа применяются азот или аргон.

Вдувание раскислителей, легирующих и модификаторов. Как известно, внепечная обработка металла позволяет повысить производительность

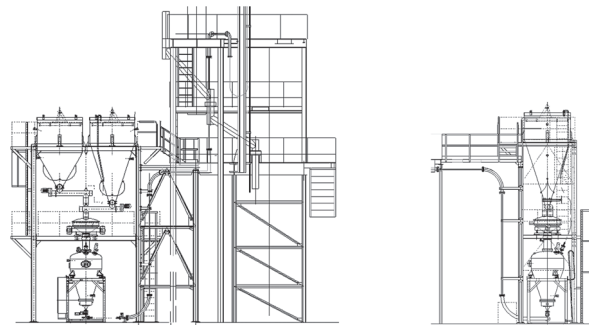


Рис. 9. Конструкция пневмотранспортной установки для агрегата печь-ковш

сталеплавильных агрегатов при вынесении операций по раскислению и легированию металла в сталеразливочный ковш, снизить материалоемкость и энергоемкость производства стали в результате уменьшения удельного расхода раскислителей и легирующих.

В настоящее время для введения в глубь металла широко используют в порошкообразном виде кальций и соединения на основе кальция, а также магний, барий, РЗМ.

Наиболее распространенными реагентами, используемыми в составе вдуваемых смесей, являются кальций и комплексные раскислители, содержащие кальций. Кальций способствует увеличению скорости удаления включений в виде жидких алюминатов кальция из металла.

Торкретирование. Способ торкретирования получил распространение при ремонте футеровки сталеплавильных печей, миксеров, сталковшей, промежуточных ковшей, вакууматоров и др. Использование торкрет-установок при горячих и холодных ремонтах металлургических агрегатов позволяет увеличить стойкость их футеровки и сократить ковшовый парк.

Оборудование, используемое для торкретирования, аналогично установкам, предназначенным для вдувания порошкообразных материалов в расплав, однако система взвешивания и дозирования упрощается, а установка оснащается системой подачи жидкости для затворения торкрет-порошков. Установки торкретирования можно разделить на три составляющие: пневмонагнетатель, увлажнитель и манипулятор.

В качестве производителя инжекционных торкрет-систем приведем известную фирму «Velco», которая выпускает различные установки, использующиеся для торкретирования металлургических агрегатов (например, пневмонагнетатель EKS, EКУ, MDF и др., увлажнитель GUNMIX и манипуляторы МЕТОР, EW, ВК, НУТОР). На рис. 10 представлен мобильный вариант торкрет-установки Rotamat.

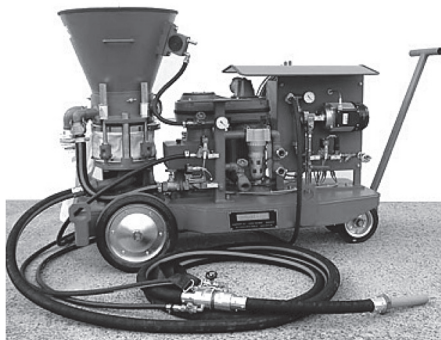


Рис. 10. Торкрет-машина Rotamat 04

Утилизация отходов. Помимо рассмотренных выше технологий, существуют инжекционные технологии, целью которых также является утилизация отходов и защита окружающей среды.

Например, технология ЕКОFOR предполагает использование отходов в качестве топлива. Технология ЕКОFOR – технология вдувания в доменные печи крупнозернистых отходов, таких, как, например, агломерат полимерных материалов, осушенный или гранулированный шлак в качестве замены нефти или природного газа.

Другим направлением является рециклинг пыли газоочисток металлургических печей. Металлолом служит главным источником поступления в сталеплавильные агрегаты таких примесей, как Zn (попадающая в шихту оцинкованная сталь, оболочки электрокабелей и т. п.). Попадая в высокотемпературную зону, цинк испаряется, окисляется и удаляется вместе с отходящими газами. Основная доля цинка, попавшего с шихтой в агрегат, улавливается пылеулавливающими установками. Цинк – это дорогостоящий материал, поэтому разрабатываются все новые технологии по утилизации плавильных пылей, содержащих Zn и другие металлы.

Первые исследования по проверке идеи рециклинга пыли сухих газоочисток электродуговых печей в качестве балластной шихты путем ее инъекции были проведены фирмами КЕР (Германия) и DDS (Дания) [11]. Пыль и уголь поступали в смеситель, затем с помощью пневматической установки струей газа-носителя подавались на границу металл-шлак в течение 10 мин в количестве 80 – 150 кг/мин. На некоторых заводах Западной Европы в настоящее время используют данную технологию рециклинга. Для улучшения процесса пневмотранспорта, а также для активизации процесса восстановления оксидов железа используют смесь пыли и угля. Процесс инъекции продолжается около 10 мин. Учитывая, что на 1 т стали образуется 15–20 кг пыли, для 140-тонной печи за это время необходимо вдувать примерно 2,5 т пыли. Однако для каждого отдельного случая значения пылеобразования, необходимого времени продувки и количества вдуваемой пыли, будут различны. Это объясняется как качественными характеристиками шихты, так и особенностями технологического процесса в целом. Практически весь цинк, содержащийся во вдуваемой пыли, восстанавливается, испаряется и переходит во вновь образующуюся пыль. Таким приемом удастся повысить концентрацию цинка в отходах до 75–80 %. Практика показала, что при продувке количество улавливаемой пыли равноценно количеству подаваемой, что положительно сказывается на матери-

альном балансе плавки [12]. Это также способствует увеличению концентрации оксида цинка в пыли до степени, достаточной для дальнейшего извлечения из нее цинка.

Одним из направлений защиты окружающей среды является использование инъекции адсорбентов в газоотводящий тракт металлургических печей.

Технология ESCHSORB – технология равномерно распределенной инъекции взвешенных в потоке активных дисперсных добавок (известь, НОК – HerdOfenKoks – активированный бурый угольный кокс, каменноугольный кокс) в каналы отходящего газа с целью его очистки путем адсорбции диоксинов, фуранов, ртути и серы.

Другие области применения инъекционных технологий. Выше была рассмотрена часть инъекционных технологий, получивших широкое распространение в металлургическом производстве. Кроме рассмотренных применений, существует довольно большое разнообразие технологий, также основанных на вдувании сред и материалов, например, печи термодиффузии (на основе кипящего слоя), применяемые при получении покрытий на стальной проволоке и используемые в метизном производстве; парожеткорные насосы и оборудование для инъекции материалов при обработке металла на вакуумных установках; технология порошково-инжекционного литья (PIM – Powder Injection Moulding), применяемая для экономичного производства крупных партий сложных с геометрической точки зрения изделий.

Кроме того, имеется ряд процессов, где также используются элементы инъекционных систем. Например, форсуночное распыливание газовой смеси для вторичного охлаждения непрерывнолитых заготовок; материалосберегающий метод пневматического дозирования шлакообразующей смеси (флюса) непосредственно на кристаллизатор машины непрерывного литья заготовок (Multiflux) и др. В связи с этим закономерно, что прогресс в одной из областей, использующих инъекционные системы, сказывается и на других.

Выводы

В настоящее время инъекционные технологии являются неотъемлемой частью различных металлургических процессов. Анализ данных технологий показывает, что наибольшее распространение они получили при использовании на высокоомощных электродуговых печах и при внепечной обработке больших объемов металла. Вместе с тем, имеется ряд исследований, в которых оценивалась эффективность использования инъекционных технологий в агрегатах небольшой емкости с получением положительных результатов. При этом теоретическая и экспериментальная база использования инъекционных технологий постоянно пополняется новыми исследованиями, что дает возможность распространять данные технологии на процессы, используемые как на печах большой емкости, так и на небольшие металлургические агрегаты.

Литература

1. Устюгов А. А., Маменко Ю. Ф., Данилин В. И., Конюченко Г. А. Применение высокоомощных газокислородных горелок на 200-тонные ДСП // Освоение новых высокоомощных электропечей / Тематический отраслевой сборник. М., 1982. С. 32–34.
2. Тулуевский Ю. Н., Четчикова Т. Н., Кузьмин А. Л. и др. Высокомощные электропечи и новая технология производства электростали. М., 1981. С. 53–56.
3. Кацман Ц. Л., Рудашевский Л. Я., Галян В. С. Интенсификация обезуглероживания хромоникелевого расплава в 100-т ДСП // Освоение новых высокоомощных электропечей / Тематический отраслевой сборник. М., 1982. С. 32–34.
4. Лопухов Г. А. Применение кислорода в дуговых сталеплавильных печах // Электрометаллургия. 2005. № 3. С. 2–27.
5. Гуляев М. П., Филиппов В. В., Эндерс В. В. и др. Первые в СНГ системы донной продувки металла инертными газами в дуговой сталеплавильной печи // Черная металлургия. 2001. № 8. С. 49–52.
6. Гуляев М. П., Филиппов В. В., Эндерс В. В., Казаков С. В. Оптимизация технологии плавки в дуговой печи с донной продувкой инертными газами // Сталь. 2002. № 4. С. 55–58.
7. Тимошпольский В. И. Роль отечественной научной школы в освоении и организации производства на РУП «Белорусский металлургический завод» // Сталь. 2002. № 10. С. 8–14.
8. Филиппов В. В., Тимошпольский В. И., Маточкин В. А., Тищенко В. А., Гуляев М. П. Новые технические решения и этапы реконструкции металлургического оборудования РУП «Белорусский металлургический завод» // Литье и металлургия. 2002. № 1. С. 80–83.
9. Warty S. K., Mathur P. C. Praxair's CoJet® gas injection system – delivering benefits, and gaining useful knowledge for future enhancements // Electric Furnace Conference Proceedings, ISS (Warrendale, PA), 2002.
10. Мотте Ж. Р., Кордье Ж. Вдувание порошка в расплавы чугуна и стали // Инжекционная металлургия. Лулеа, Швеция, 1977 / Пер. с англ. М., 1981.
11. Jensen J. a. n. T. Wolf Kurt Reduction of EAF dust emissions by injecting it into the furnace // Metallurgical Plant and Technology International. 1997. N 3. P. 58–62.
12. Исследование фазового состава и восстановимости цинксодержащего электропечного шлама / В. П. Корнеев [и др.] // Изв. вузов. Черная металлургия. 2007. № 9. С. 35–38.