



Рис. 1. Участок десульфурации с транспортировочной тележкой, оборудованной механизмом наклона ковша

Внедоменная обработка чугуна с учетом конкретных производственных условий

В прошлом основной целью внедоменной обработки чугуна являлось удаление серы. Однако вследствие использования шихтовых материалов худшего качества или ужесточения требований к содержанию фосфора в готовой продукции, за последние годы возросли требования к возможностям удаления из чугуна фосфора. Для эффективной дефосфорации необходимым условием является снижение содержания в чугуне кремния. В данной статье рассмотрены различные варианты установок, предназначенных для внедоменной обработки чугуна с целью десиликонизации, дефосфорации и десульфурации.

Роберт Робей, Марк Уайтхед, компания **SMS Mevac UK Ltd.**, Уинсфорд, Чешир, Великобритания

Контакт: www.sms-mevac.com
Эл. почта: Robert.robey@sms-mevac.co.uk

Введение

Жидкий чугун, выплавленный в доменной печи, обычно подают в сталеплавильный цех в чугуновозных сигарообразных ковшах миксерного типа, футерованных огнеупорами, или в открытых чугуновозных ковшах. Выбор ковша для транспортирования чугуна зависит от дальности перевозки и от технико-экономических показателей процесса. Сигарообразные ковши миксерного типа позволяют свести к минимуму снижение температуры чугуна при транспортировании, что объясняется большой массой перевозимого чугуна и конструктивным исполнением ковша с небольшой горловиной в верхней части. Открытые сверху чугуновозные ковши позволяют сократить капитальные затраты по сравнению с сигарообразными ковшами и упростить процесс заливки металла для подачи к сталеплавильному агрегату. Недостатком этого варианта является вероятность больших потерь тепла через открытую поверхность ковша.

В начальный период освоения внедоменной обработки чугуна реагенты подавали в выпускной желоб доменной печи. Позднее начали применять подповерхностное вдувание реагентов в чугун, находящийся в сигарообразном ковше. Почти всегда внедоменную обработку проводили с целью десульфурации чугуна. Такие реагенты, как кальцинированная сода, известь или карбид кальция вдували через погруженные в жидкий металл стальные трубки, футерованные огнеупорами. При этом сера удалялась из чугуна, но окончательный уровень ее содержания, которого можно было достичь при таком способе, был ограничен. Это объяснялось тенденцией серы к ресульфурации — обратному переходу из высокосернистого шлака в чугун. Такое явление происходит в связи с трудностями полного скачивания шлака, в результате чего значительная его часть попадает с чугуном в чугуновозный ковш. Кроме того, после разливки нескольких плавок часть высокосернистого шлака может налипать на футеровку ковша и также

Было бы это замечательно,
если бы мы могли быстрее
разогреть наши установки
до рабочей температуры?

Конечно, без проблем!

www.refra.com

Реклама

Возможность более быстрого использования оборудования
благодаря развитым огнеупорным технологиям?

Это возможно. Например, применение масс с нашей
инновационной, бесцементной связующей **Nanobond**
технологией, которая делает возможным более быстрый
разогрев после ремонта и одновременно повышает
термостойкость. Давайте поговорим о Ваших целях.
Мы найдём правильный путь.

Results first. *
Intelligent **Refractory** Technology

REFRA^{TECHNI}NIK

Refratechnik Steel GmbH
Schiesstraße 58
40549 Düsseldorf
Germany
Тел. +49 211 5858 0
aluminium@refra.com

***Результат прежде всего**
Умная **Огнеупорная** Технология



являться источником ресульфурации чугуна; при этом налипание слоя шлака постепенно приводит к уменьшению эффективного рабочего объема сигарообразного чугуновозного ковша.

Десульфурация

В настоящее время на современных металлургических заводах десульфурацию чугуна проводят однократно при переливании чугуна из миксерного сигарообразного ковша в чугуновозный заливочный ковш. Заливочные ковши оборудованы желобом для подачи чугуна в сталеплавильные агрегаты, в роли которых могут выступать кислородный конвертер, электродуговая печь или комбинированный агрегат CONARC® (сочетает конвертер и электродуговую печь). Напротив заливочного желоба может также располагаться сливной носок для удаления шлака, облегчающий удаление высокосернистого шлака после добавления десульфурующих реагентов, перед заливкой чугуна в сталеплавильную печь. Использование чугуновозных заливочных ковшей значительно облегчает удаление высокосернистых шлаков, образовавшихся в процессе десульфурации.

На практике обычно применяют три метода десульфурации чугуна:

- глубокое вдувание через фурму, футерованную огнеупорами, в сигарообразном чугуновозном ковше миксерного типа (миксерная инъекция);
- глубокое вдувание через фурму, футерованную огнеупорами, в заливочном чугуновозном ковше (ковшовая инъекция);
- добавление массы реагента с последующим механическим перемешиванием (механическое перемешивание).

Миксерная инъекция считается устаревшим процессом, внедренным много лет назад на предприятиях, где эту технологию можно было считать наилучшей из возможных в то время. Выбор между ковшовой инъекцией и механическим перемешиванием часто зависит от оценки возможностей применения каждого из методов и стоимости реагентов для этих процессов, снижения температуры чугуна, продолжительности операций десульфурации и скачивания шлака.

Теоретические основы десульфурации базируются на химических реакциях между серой и реагентами, традиционными из которых — в порядке эффективности десульфурации — являются магний Mg, карбид кальция CaC_2 и известь CaO. Наиболее эффективный реагент с точки зрения десульфурации отличается и наибольшей стоимостью, отнесенной к единице массы, и потому выбор его не всегда

определяют число стенов, обеспечивающих снабжение сталеплавильных печей и агрегатов требуемым количеством десульфурованного чугуна.

В ходе обработки десульфурующий реагент вводят в жидкий чугун с помощью пневматической системы на основе азота. Во время вдувания образуется большое количество газов, которые необходимо удалять с помощью вытяжной системы. Также

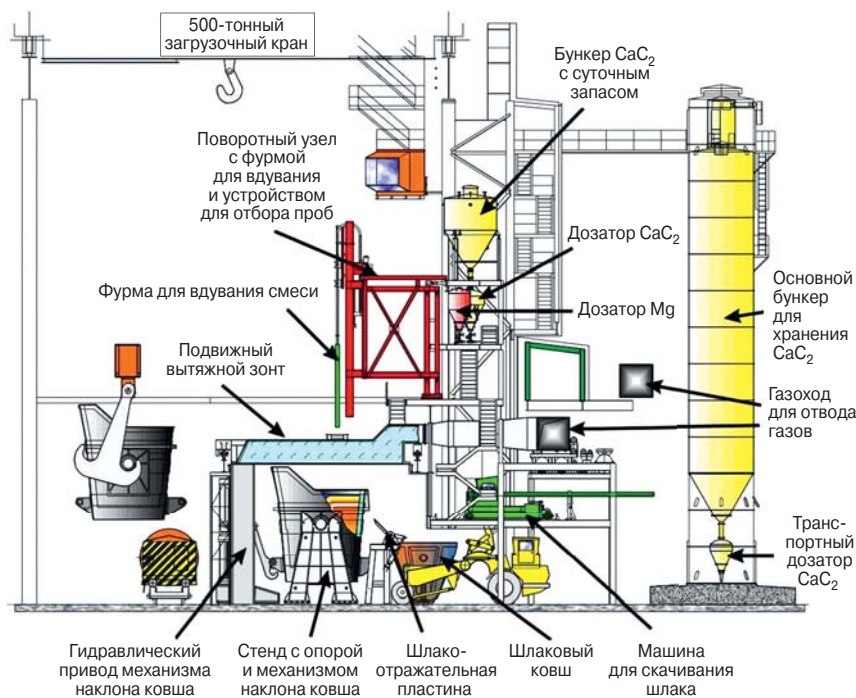


Рис. 2. Установка для десульфурации, включающая стенд для ковша, крюк для наклона ковша и подвижный вытяжной зонт

беспорен. На выбор реагента может также оказать влияние число стенов, необходимых для снижения содержания серы до заданного уровня. Требование глубокой десульфурации приведет к увеличению продолжительности обработки металла на десульфурационном стенде и к образованию большего количества шлака. Типичный минимальный уровень содержания серы после обработки на десульфурационном стенде составляет 0,002 % (масс). Однако требования к минимальному окончательному содержанию серы в большой степени зависят от марки производимой стали. Содержание серы в поступающем чугуне, окончательный уровень содержания серы после десульфурации, соответствующая продолжительность обработки чугуна и логистика транспортных операций — эти факторы

необходимо отводить газы, образующиеся при скачивании шлака. Лучше всего удалять газы, поместив ковш в замкнутое пространство. Если это невозможно, то над ковшом следует установить плотно прилегающий к нему вытяжной зонт. Если ковш размещен на подвижной транспортной тележке, то на одном торце этой тележки должна быть выполнена стенка, футерованная огнеупором, которая служит частью ограждения ковша, когда он поступает в камеру участка внепечной обработки. Возможен и альтернативный вариант: когда транспортная тележка с ковшом поступает в камеру, то со стороны въезда тележки закрываются ворота, ограждающие зону обработки. Тележка оборудована механизмом наклона ковша (рис. 1). Обычно в состав этого механизма входит гидравлический цилиндр, с помощью

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ В СФЕРЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Поскольку доменная печь потребляет 60% всей затрачиваемой металлургическим комбинатом энергии, **оптимизация потребления энергии и материалов**, будучи ключевой проблемой для доменного производства, всегда являлась основной задачей компании Пауль Вюрт при разработке технологических решений и реализации проектов.

Благодаря объединению с подразделениями SMS Group, Пауль Вюрт сегодня имеет возможность предлагать **глобальные концепции по энергоэффективности для полной технологической цепочки производства стали**, позволяющие сделать процесс максимально энергоэффективным и энергосберегающим, повышая, таким образом, рентабельность предприятия.

- Энергоаудит и консалтинговые услуги
- Оптимизация энергопотребления
- Энергосбережение



Московское представительство АО ПАУЛЬ ВЮРТ • 1-я Тверская-Ямская ул., 23, стр. 1, офис 14 • 125047 Москва
 Российская Федерация • тел.: 495 721 1553 • Факс: 495 721 1558 • pwmoscow@paulwurth.com • www.paulwurth.com

Международная штаб-квартира: **АО ПАУЛЬ ВЮРТ**, Люксембург
 Компания представлена в: Бразилии, Вьетнаме, Германии, Индии, Италии, КНР, Корею, Мексике, России, США, Тайване, Украине, Чешской Республике, Чили, ЮАР, Японии





ДОМЕННЫЕ ЦЕХА

Проектирование и строительство комплексов доменных печей полностью, модернизация и реконструкция доменных установок.



ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Концепции и технология систем охлаждения и футеровки, автоматизация, технология загрузки доменной печи, специальное оборудование для доменного производства.



ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Агломерационные фабрики, воздухонагреватели, шихтоподготовка, вдувание пылеугольного топлива, грануляция и обезвоживание шлама.



КОКСОХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Коксохимзаводы, коксовые батареи, системы утилизации коксового газа и переработки побочных веществ, централизованные АСУ ТП.



ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Технология, основанная на применении многоподовой печи: PRIMUS[®]
Технология, основанная на применении печи с вращающимся подом: RedIron[™], RedSmelt[™].



ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Очистка колошникового газа Доменных Печей, системы аспирации, утилизация тепла дымовых газов воздухонагревателей, улавливание и переработка химических продуктов коксования, очистка отходящих газов агломерационного производства.



ПАУЛЬ ВЮРТ – ЛИДЕР В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА

Московское представительство АО ПАУЛЬ ВЮРТ • 1-я Тверская-Ямская ул., 23, стр. 1, офис 14 • 125047 Москва
Российская Федерация • тел.: 495 721 1553 • Факс: 495 721 1558 • pwmoscow@paulwurth.com • www.paulwurth.com

Международная штаб-квартира: АО ПАУЛЬ ВЮРТ, Люксембург

Компания представлена в: Бразилии, Вьетнаме, Германии, Индии, Италии, КНР, Корее, Мексике, России, США, Тайване, Украине, Чешской Республике, Чили, ЮАР, Японии

которого можно поднять ковш над опорным шарниром, или зубчатой парой, состоящей из рейки и шестерни. Эти системы позволяют правильно установить носок ковша по отношению к машине для скачивания шлака и к ковшу-шлакосборнику, куда поступает скачиваемый шлак.

для завершения обработки чугуна. Такая схема обеспечивает высокий уровень готовности и минимальную продолжительность перерывов в подаче десульфурованного чугуна к сталеплавильной печи.

Качество каждого реагента и его экономические характеристики играют

позиции открывается задвижка дозатора Mg, и он вдувается в чугун одновременно с CaO или CaC₂. Использование совместного вдувания позволяет эффективно использовать как Mg, так и второй реагент, а также сократить продолжительность обработки.

Дальнейшее совершенствование технологии совместного вдувания реагентов привело к созданию системы Ecoinjection, которая оборудована тремя дозаторами в линии вдувания — по одному для CaO, CaC₂ или Mg. На основе математической модели система подбирает состав материалов, их количество и сочетание в смеси, рекомендуемые с учетом исходного содержания серы и требуемого в чугуне после обработки, стоимости реагентов, температуры чугуна, его химического состава и допустимой продолжительности обработки. Система такого типа создает для сталеплавыльщиков наиболее свободные и гибкие условия работы участка десульфурации при минимальных производственных расходах.

В тех случаях, когда сооружение дополнительных стенов для десульфурации металла на конкретном предприятии затруднительно из-за ограниченных площадей, или когда требуется сократить продолжительность внедоменной обработки, можно повысить производительность стенов путем установки дополнительных дозаторов, работающих в рамках системы Twinjection™ [1]. В системе данного типа продолжительность вдувания сокращается благодаря применению одновременного вдувания через два отдельных канала в одной фурме, футерованной огнеупорами. Наличие двух отдельных струй вдуваемых материалов позволяет фактически удвоить интенсивность подачи реагентов, и общая продолжительность обработки уменьшается без снижения эффективности их воздействия.

Механическое перемешивание

В большинстве случаев капитальные затраты на сооружение стенов для механического перемешивания жидкого чугуна с целью десульфурации оказываются выше, чем затраты на сооружение стенов для вдувания реагентов в ковш. Однако дополнительные затраты могут быть компенсированы



Рис. 3. Лопастное колесо для механического перемешивания и его опорная конструкция

Когда для подачи ковша на десульфурационный стенд с вытяжным зонтом используют мостовой кран, то применяют подвижный зонт, который выдвигается в рабочее положение после установки ковша. В этом случае можно применить гидравлический привод механизма перемещения крюка для наклона ковша на цапфах для облегчения операции скачивания шлака (рис. 2).

В случаях применения подвижного вытяжного зонта, фурму для вдувания реагента можно установить на поворотной тележке, которая выдвигается в исходное положение для вдувания, когда зонт занимает рабочую позицию (см. рис. 2). В большинстве других вариантов фурма может быть зафиксирована в неподвижной каретке, расположенной непосредственно над стендом для десульфурации. Вторую (дублирующую) каретку с фурмой часто устанавливают на случай блокировки основной фурмы для вдувания порошкообразного реагента; при блокировке используют вторую фурму

немалую роль при выборе конкретного реагента или их сочетания для практического использования. При выборе для вдувания одного реагента (например, CaO или CaC₂) продолжительность десульфурации увеличивается; кроме того, больший объем образующегося в этих случаях шлака может потребовать увеличения числа стенов для обеспечения того же уровня производительности, который достигается в системах, использующих для вдувания сочетание реагентов. Совместное вдувание десульфурационных реагентов позволяет применять смесь порошков Mg и CaO или Mg и CaC₂, одновременно вдуваемых через одну фурму. В системе совместного вдувания применяют два дозатора, подающих реагенты в общую инъекционную линию. На начальной стадии обработки подают менее ценный реагент (CaO или CaC₂) в инъекционную линию с помощью азота. Когда реагент достигает фурмы, то ее погружают в жидкий металл. При достижении фурмой нижней рабочей

меньшими эксплуатационными расходами, обусловленными, в частности, меньшей стоимостью реагентов. В случае механического перемешивания реагенты подают на поверхность жидкого чугуна в момент, когда расплав перемешивается с помощью лопастного колеса с огнеупорным покрытием (рис. 3). Реагенты могут подаваться в виде гранул, а не в форме тонкого порошка, используемого при вдувании.

Вращение лопастного колеса вызывает сильные завихрения в жидком чугуне. При этом частицы реагента

даточной чугуновозной тележке. Возможен и альтернативный вариант, при котором ковш с чугуном устанавливается на стенде, а лопастное колесо помещается над ковшом с помощью консольного крана. Реагент подают при помощи пневматической системы, выдувающей его на поверхность расплава, или обычным питателем по наклонному желобу от накопительных бункеров.

После перемешивания реагентов в ковше необходимо провести скачивание шлака, для чего также требуются

Обескремнивание и дефосфорация

Существуют две причины удаления фосфора из чугуна на стадии внедоменной обработки: в Японии стремление выплавить сталь с весьма низким уровнем содержания фосфора нашло отражение в практике дефосфорации чугуна в ковше, или путем двухстадийного конвертерного процесса, однако все чаще металлурги обращают внимание на возможность использования недорогой высокофосфористой шихты для

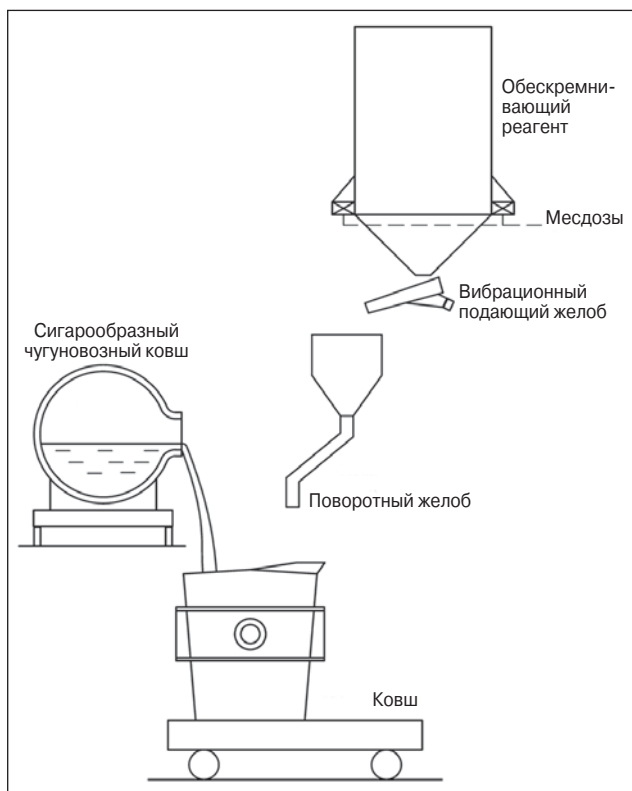
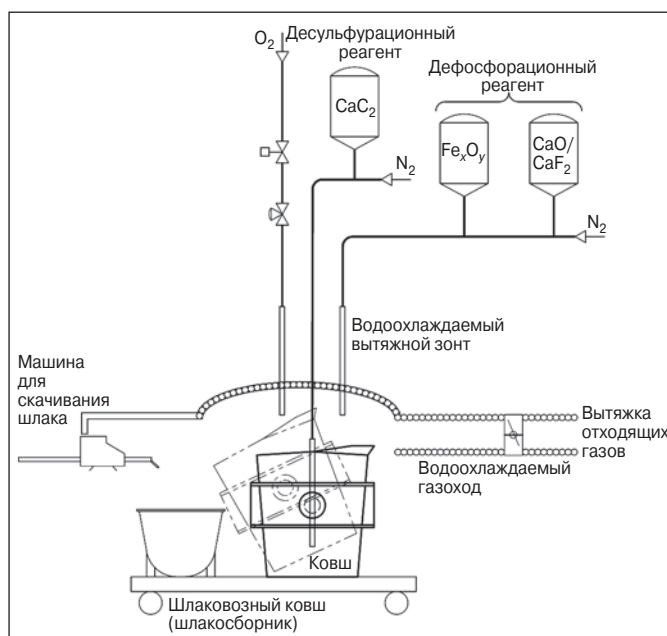


Рис. 4. Устройство для обескремнивания на стенде для заливки чугуновозных ковшей

Рис. 5. Схема участка дефосфорации с фурмами для подачи реагентов и кислорода



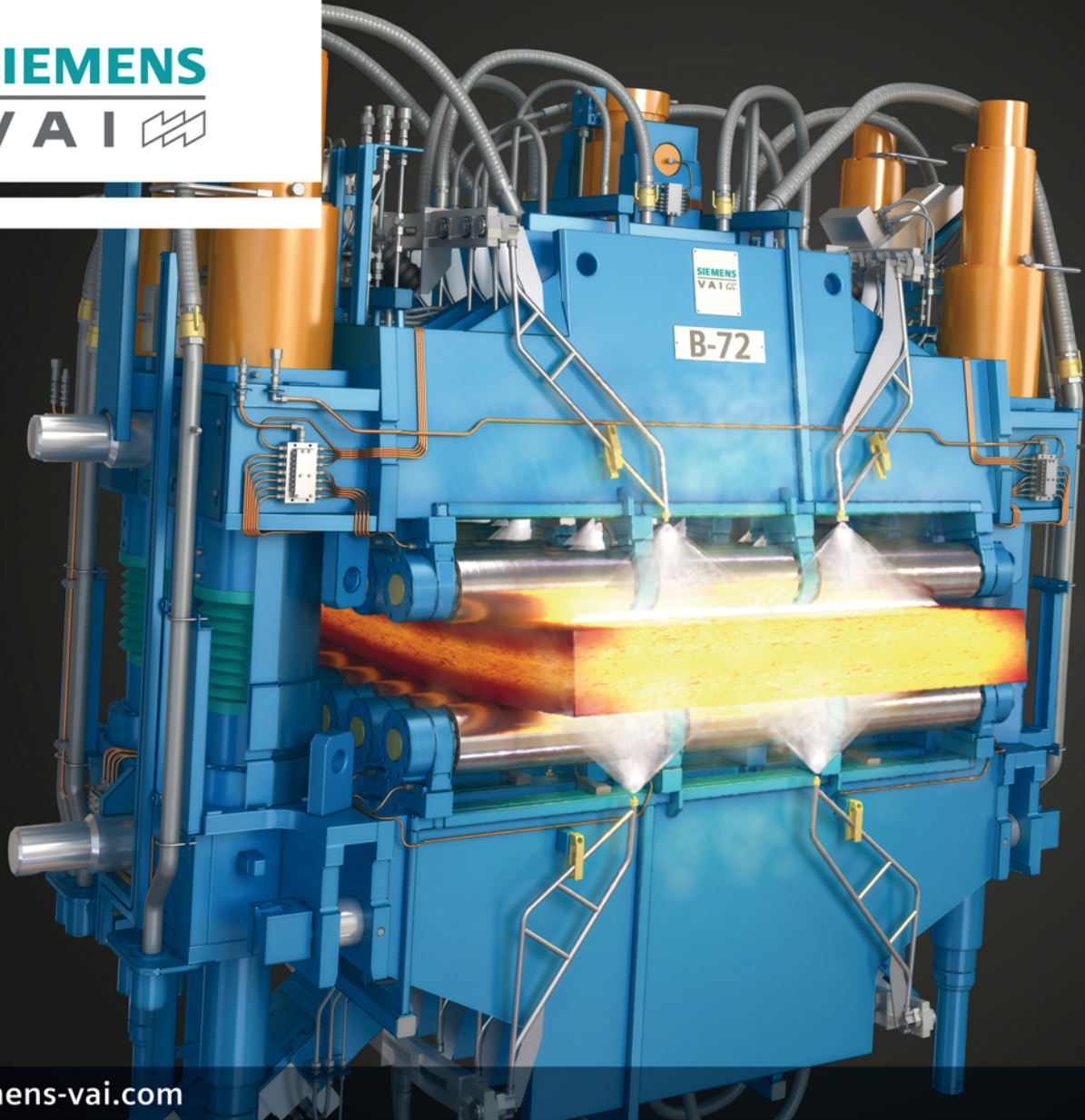
распределяются по всему объему чугуна, где они вступают в реакцию с жидким металлом и формируют шлак. Размеры частиц реагента при механическом перемешивании могут быть намного больше, чем при вдувании — 1–5 мм. CaC_2 может применяться в качестве десульфуратора, однако преобладающим реагентом является негашеная известь.

В связи с тем, что необходима жесткая конструкция для восприятия усилий от лопастного колеса, возникающих при перемешивании чугуна, то колесо обычно устанавливают на жесткой закрепленной опорной конструкции, а ковш с чугуном для перемешивания подают к стенду на пере-

механизм наклона ковша и скачивающая машина. На стендах для механического перемешивания не применяют Mg (так как он сгорит на поверхности чугуна), поэтому расходуется значительно большее количество извести, чем в системах глубокого вдувания. Это приводит к большему снижению температуры чугуна и к образованию большего объема шлака, который должен быть удален. Вместе с шлаком из ковша уходит и часть железа, поэтому общие потери металла на стендах для механического перемешивания часто повышаются, хотя железо из шлака затем может быть возвращено в технологический процесс с помощью стандартных систем утилизации шлака.

доменного процесса. Этот вариант может потребовать увеличения продувок конвертера для удаления избыточного фосфора, либо дефосфорации путем предварительной обработки чугуна или дальнейшей дефосфорации в печи для первичной плавки стали. Для того, чтобы удалить фосфор из чугуна, необходимо, чтобы содержание кремния в нем было менее 0,2 % [2]. Поэтому при внедоменной обработке чугуна дефосфорации обычно предшествует обескремнивание [3].

Количество кремния, которое необходимо удалить, варьируется в широких пределах, в зависимости от уровня его содержания в чугуне. Простейшим способом удаления кремния



siemens-vai.com

Продукция с макроструктурой высшего качества

Для получения непрерывнолитой продукции с макроструктурой самого высокого качества сочетание технологий SIMETAL DynaGap Soft Reduction 3D и SIMETAL Dynacs 3D представляет собой идеальный выбор.

Совмещение систем позволяет учитывать как фактический размер межроликowego зазора, так и усадку металла, получать информацию о состоянии сегментов и вызванном усадкой обжатии слитка и содействует оптимизации усилия зажима и места его приложения, что играет решающую роль для создания макроструктуры самого высокого качества.

Ответы для промышленности.

является внесение оксидов железа в выпускной желоб доменной печи или в струю чугуна, переливаемого из сигарообразного ковша миксерного типа в чугуновозный ковш (рис. 4). Частицы оксидов железа могут быть достаточно крупными, но размер их гранул должен соответствовать механизму их внесения в чугун и обеспечивать требуемый расход при подаче. Интенсивность подачи материала в желоб доменной печи должна быть согласована со скоростью выпуска плавки чугуна, а также учитывать размер емкости для хранения реагента и его вероятное суточное потребление. Высококремнистый шлак, образующийся при обескремнивающей обработке, должен быть удален на какой-либо стадии процесса.

Если оксиды железа вносят в струю чугуна, переливаемого из сигарообразного ковша миксерного типа в чугуновозный заливочный ковш, то их нужно добавлять сравнительно быстро. Энергия льющейся струи металла используется для энергичного перемешивания оксидов железа в ковше и эффективного удаления кремния. В обоих случаях перед дальнейшей обработкой необходимо скачивать шлак.

В качестве альтернативного варианта можно проводить обескремнивание в сигарообразном ковше путем вдувания оксидов железа. Однако такой вариант проблематичен, так как необходимость удаления образующегося при этом шлака приводит к значительному снижению эффективности использования ковша миксерного типа. В связи с этим, по возможности, стремятся избежать вдувания реагентов в сигарообразный ковш.

Когда чугуновозный транспортировочный ковш прибывает на стенд для предварительной обработки, то в пер-

вую очередь проводят скачивание обогашенного кремнием шлака, наклоня ковш и используя машину для скачивания, с помощью которой шлак перемещают в шлаковозный ковш. После этого стенд готов для проведения дефосфорации.

Для процесса удаления фосфора требуется окислительная среда. Кроме того, шлак, образовавшийся в процессе дефосфорации, необходимо обработать флюсом для лучшего удержания извлеченного фосфора. Снижение температуры металла в результате вдувания оксидов железа и разжижающих реагентов (CaO/CaF_2) компенсируется наддувом струи кислорода на поверхность металла в ковше через сверхзвуковую фурму одновременно с глубоким вдуванием реагентов. Поэтому при дефосфорации, кроме фурмы с огнеупорным покрытием для совместного вдувания оксидов железа и CaO/CaF_2 , требуется вторая фурма для подачи кислорода (рис. 5). При обдувке кислородом окисляется не только фосфор, но частично также кремний, марганец и углерод. Формирование CO и необходимость его последующего окисления до CO_2 требуют, чтобы конструкция системы газоотвода предусматривала возможность дожигания CO и была оборудована водяным охлаждением для защиты газохода и уменьшения безвозвратных потерь тепла с отходящими газами. Необходимость водяного охлаждения зонта для улавливания отходящих газов служит аргументом в пользу варианта с подачей чугуновозного ковша на тележке перед вариантом с поворотным вытяжным зонтом при размещении ковша внутри камеры для улавливания отходящих газов.

После завершения дефосфорации необходимо еще раз наклонить ковш

для скачивания шлака для уменьшения вероятности рефосфорации с обратным переходом фосфора из шлака в чугун. Если следующей операцией является десульфурация, то подают десульфационный реагент из соответствующего дозатора для уменьшения окислительной способности шлака.

Выводы

Использование вдувания одного реагента, совместного вдувания нескольких реагентов, методов *Eco-injection*, *Twinjection*TM и механического перемешивания возможно для удаления серы из чугуна на установках внедоменной обработки. Комплект механического оборудования, подобранный с учетом конкретных условий для каждого металлургического предприятия, позволяет найти решение проблемы десульфурации и приемлемой длительности этой обработки.

Одновременно с удалением серы из чугуна конструкция установок внедоменной обработки чугуна предусматривает возможность удаления фосфора и кремния. Для металлургов это является экономически выгодным решением, позволяющим снизить уровень требований к доменной шихте или улучшить показатели содержания серы и фосфора в стали. ■

Библиографический список

- [1] R. Robey et al. *MPT International*, 28 (2009), No.5, pp 24–28.
- [2] B. C. Welbourn, *Technical Steel Research*, Report No. EUR 12007 EN.
- [3] E. T. Turkdogan, "Fundamentals of Steel-making", The Institute of Materials, London, 1996.

INDUcoder[®]



Мы измеряем углы и расстояния. В цифровой форме. Абсолютно и дискретно.

INDUcoder Messtechnik GmbH
Kaiserstrasse 316 - 47178 Duisburg - Germany

Тел.: +49-203-57047-0
Факс: +49-203-57047-20

www.inducoder.de
info@inducoder.de