



Рис. 1. Вид на территорию строящегося металлургического завода с полным циклом компании Dragon Steel Corporation, Тайвань

Ввод в эксплуатацию новых агломерационных фабрик и доменных печей на заводе компании Dragon Steel

В июле 2006 г. состоялась церемония закладки фундамента, символизовавшая выход крупнейшей на Тайване металлургической компании – Dragon Steel Corporation (DSC) на мировой рынок плоского проката. После этого в два этапа был построен металлургический завод с полным циклом в бухте Тайчжунь. Оборудование двух агломерационных фабрик, две крупные доменные печи и три двухручьевые установки непрерывной разливки стали (УНРС) поставила компания Siemens VAI

К середине 1990-х годов компания Dragon Steel Corporation (дочерняя компания, полностью принадлежащая группе China Steel Corporation) уже приступила к проектированию производственных мощностей, которые обеспечили бы ей выпуск как длинномерного сортового проката, так и плоского стального проката после завершения двухэтапного проекта расширения производства. В ходе первого этапа проекта расширения производства, начатого в ноябре 1996 г., была сооружена дуговая электропечь производительностью порядка 1 млн. т/год со всем сопутствующим оборудованием, которая обеспечила металлом сортопрокатное производство. Строительство этой производственной линии было завершено в июле 1998 г.

Второй этап проекта расширения производства предусматривал строительство двух доменных печей в две стадии: первую — в период с июля 2006 г. по февраль 2010 г., а вторую — с декабря 2009 г. по 2013 г.

Реализация второй стадии проекта расширения производства означала появление в районе бухты Тайчжунь совершенно нового металлургического завода с полным циклом проектной мощностью 5,2 млн. т/год плоского стального проката. Завод расположен на западном побережье центрального Тайваня, в 30 км от города Тайчжунь (рис. 1). Для этого масштабного про-

екта компания Siemens VAI поставила и ввела в эксплуатацию следующее оборудование:

- две агломерационные фабрики проектной производительностью более 6 млн. т/год агломерата;
- две доменные печи с диаметром горна 12 м, проектной мощностью 2,5 млн. т/год каждая;
- три двухручьевые УНРС суммарной производительностью более 5 млн. т/год высококачественных слябов.

Рабочие параметры оборудования, достигнутые производственные показатели и качество продукции удовлетворяют самым высоким современным требованиям, а загрязнения окружающей среды не выходят за рамки допускаемого уровня.

Агломерационные фабрики

Оборудование агломерационных фабрик № 1 и 2, действующих в составе металлургического комбината компании DSC, поставила компания Siemens VAI совместно с тайваньским партнером по проекту STCI Corporation. Агломерационная фабрика № 1 номинальной производительностью 7440 т/сут (примерно 2,5 млн. т/год) была введена в эксплуатацию 7 декабря 2009 г. Агломерационная фабрика № 2, которая выдала первую продукцию в конце сентября 2012 г., имеет

Михаэла Бёберл, Карл Чермак, Эдмунд Ферингер, Андреас фон дер Хеккен, Стефан Хётцингер, Вильгельм Шварц, компания **Siemens VAI Metals Technologies GmbH**, Линц, Австрия; Иан Читхэм, Ричард Харви, Мартин Смит, компания **Siemens AG**, Industry Sector – Metals Technologies, Стоктон, Великобритания

Контакт: www.siemens.com/metals
Эл. почта: rainer.schulze@siemens.com

проектную мощность 11600 т/сут (порядка 3,8 млн. т/год) агломерата. Каждая фабрика располагается на площади примерно 43300 м² (478,5×90,5 м); они считаются одними из наиболее компактных в мире. На **рис. 2** показан общий вид агломерационной фабрики № 1 со стороны участка охлаждения агломерата. Основные технические характеристики и параметры агломерационных фабрик представлены в **табл. 1**.

Обе агломерационные фабрики применяют одинаковые инновационные технологические процессы и системы, гарантирующие получение агломерата стабильного высокого качества с низкими производственными расходами и минимальным загрязнением окружающей среды. В состав фабрик входят:

- система интенсивного перемешивания и грануляции, которая значительно повышает однородность шихтовой смеси для процесса агломерации, позволяя повысить долю пылевидной железной руды и концентрата в агломерационной шихте;
- система избирательной рециркуляции отходящих газов, которая позволяет уменьшить объем отходящих газов и загрязняющих выбросов в окружающую среду;
- оборудование для десульфурации, денитрификации и удаления диоксида;
- кольцевой охладитель агломерата с погружным направляющим рельсом, который позволяет идеально использовать остаточную тепловую энергию охлаждающего воздуха;

Агломерационная фабрика	№ 1	№ 2
Проектная производительность:		
т/сут	7440	11 610
млн. т/год	2,5	3,8
Габариты фабрики в плане, м	478,5×90,5	478,5×90,5
Общая площадь спекания, м ²	248	387
Ширина агломашины, м	4,5	4,5
Длина агломашины, м	55	86
Толщина постели, мм	700	700
Эффективная площадь охлаждения, м ²	264	431
Диаметр холодильника агломерата, м	22	35
Ширина холодильника агломерата, м	4,55	4,6
Толщина слоя агломерата на холодильнике, м	1,5	1,5
Объем отходящих газов, выбрасываемых через трубу, тыс. м ³ /ч (при н. у.)	400	660
Доля рециркулирующих газов, %	39,4	36,2
Содержание пыли в газовых выбросах, мг/м ³ (при н. у.)	20	20
Предельный выброс SO _x , ppm (×10 ⁻⁴ %)	≤50	≤50
Предельный выброс NO _x , ppm (×10 ⁻⁴ %)	≤70	≤70
Предельный выброс диоксида, нг/м ³ (при н. у.) концентрация токсичных выбросов	≤0,5	≤0,5

Таблица 1. Основные технические характеристики агломерационных фабрик № 1 и 2



Рис. 2. Общий вид агломерационной фабрики № 1; на переднем плане — кольцевой участок охлаждения агломерата с погружным направляющим рельсом



Рис. 3. Схема агломерационной машины, установленной на фабрике компании Dragon Steel Corporation



Рис. 4. Вид на ленту агломерационной машины; показаны также зажигательный горн, газоходы для рециркуляции отходящих газов и вытяжной зонт



Рис. 5. Высококачественный охлажденный агломерат

— система оптимизации процесса спекания Simetal, которая позволяет повысить уровень эффективности процесса агломерации и гарантировать высокое качество продукции (рис. 3).

Подготовка руды. На заводе компании DSC применяют уникальный процесс подготовки и усреднения шихты «Система интенсивного перемешивания и грануляции», который позволяет значительно повысить долю пылевидной железной руды тонких (менее 0,1 мм) и тончайших (менее 0,045 мм) фракций по сравнению с традиционными процессами агломерации. Шихтовые материалы, используемые для перемешивания и проготовки агломерационной шихты, сначала хранятся в 26 бункерах (16 для железной руды и возвратных материалов, 4 для флюсов, 2 для коксовой мелочи, 2 для пыли, 1 для негашеной извести, 1 для возвратных тонких фракций, образовавшихся на этом заводе) объемом по 380 м³ каждый на агломерационной фабрике № 1 и по 500 м³ каждый — на агломерационной фабрике № 2.

В зависимости от состава шихтовой агломерационной смеси и качества железной руды требуемые компоненты шихты в необходимом количестве дозированно выдаются из бункеров и

поступают на ленту транспортера. Изменение химического состава агломерата легко осуществляется с помощью системы автоматического управления дозирующими устройствами, включенной в уровень 2 современной системы оптимизации производства агломерата Simetal. Выданная на ленточный транспортер шихтовая смесь передается в миксер интенсивного перемешивания (вертикальный миксер шахтного типа Eirich), который имеет возможность обрабатывать большое количество особо тонких фракций без неблагоприятного влияния на процесс грануляции. Такой эффект достигается благодаря высокоскоростным перемешивающим устройствам, расположенным внутри вращающегося корпуса миксера. Однородная смесь, выходящая из миксера интенсивного перемешивания, подается к гранулятору, где происходит агломерация смеси, имеющей требуемую газопроницаемость.

Ссылка на видеофайл, представляющий аглофабрику № 1 компании Dragon Steel <http://www.youtube.com/watch?v=YMQ6ctHTBGc>



Установка системы интенсивного перемешивания и грануляции компании DSC позволяет полностью исключить усреднительный двор, что является большим преимуществом для компании, располагающей ограниченной площадью в районе бухты Тайчжунь.

Рециркуляция отходящих газов. От 30 до 40 % отходящих газов агломерационной установки рециркулируют и возвращают в процесс агломерации с помощью известной системы избирательной рециркуляции отходящих газов (рис. 4). Такое решение предполагает, что отходящие газы из отдельных вакуумных камер вновь направляются к ленте агломерационной установки, в отличие от других систем отвода отходящих газов, в которых часть отходящих газов из общего объема отбирается, рециркулирует и возвращается в технологический процесс. На агломерационной фабрике компании DSC вакуумные камеры, из которых отходящие газы поступают на рециркуляцию, вначале выбирали, исходя из количества содержащейся в газах тепловой энергии, а также из содержания в них CO и O₂. Использование при рециркуляции содержащегося в отходящих газах 1–2 % CO и тепловой энергии, дополненное использованием кислорода горячего воздуха, поступающего из системы охлаждения агломерата, позволяет сократить расход твердого топлива в процессе агломерации примерно на 5–10 %.

Благодаря рециркуляции отходящих из агломерационной установки газов и их повторной подаче к агломерационной ленте, удельная концентрация пыли, продуктов сгорания, SO_x, NO_x, летучих органических веществ и тяжелых металлов, выбрасываемых в атмосферу через дымовую трубу, заметно уменьшается. Объем отработанных газов, проходящих через дымовую трубу, также значительно снижается, что приводит к сокращению размеров системы очистки отходящих газов и соответствующему сокращению расходов на монтаж и эксплуатацию такой системы.

Защита окружающей среды. Газ, отходящий из агломерационной машины, сначала очищают от пыли в электростатическом фильтре. В поток отходящих газов вводят гашеную известь для связывания SO_x. Далее газ,



Siempelkamp

Maschinen- und Anlagenbau



НАДЕЖНЫЕ, ПРОЧНЫЕ И ТОЧНЫЕ



ЗАВОДЫ ДЛЯ РАСКАТКИ КОЛЕЦ

ФОРМОВКА / РАСКАТКА

Siempelkamp поставяет прессы и кольцепрокатные станы для полной технологической линии изготовления колец из высокопрочных материалов.

www.siempelkamp.com

направляемый в дымовую трубу, очищают в системе рукавных фильтров, в которых концентрация пыли и SO_x снижается до заданного уровня. С помощью катализаторов разлагают содержащийся в газах NO_x , получая азот и воду. Агломерационная фабрика компании DSC является образцовой с точки зрения уникальных применяемых установок и систем для защиты окружающей среды и достигаемого в результате этого уровня загрязняющих выбросов (см. табл. 1).

Охлаждение агломерата. Горячий агломерат охлаждается в кольцевом охладителе с погружным направляющим рельсом. Благодаря особой конструкции загрузочного желоба более крупные куски агломерата первыми поступают в охладитель и располагаются в нижней части охлаждаемого слоя, куда наиболее интенсивно поступает охлаждающий воздух. Мелкие фракции размещаются на крупных кусках, а в верхней части постели охлаждаемого агломерата находятся фракции среднего размера. Такое слойное расположение фракций (крупные — на них мелкие — сверху средние) позволяет уменьшить выбросы пыли.

Горячий воздух, выходящий из охладителя агломерата, используют для различных целей, утилизируя содержащуюся в нем тепловую энергию. Например, этот воздух добавляют в рециркулирующую часть отходящих от агломерационной ленты газов для повышения содержания в них кислорода; с помощью горячего воздуха осуществляют предварительные сушку и нагрев агломерационной шихты; его подают также в составе воздушной смеси в зажигательный горн для уменьшения потребления коксового газа при зажигании постели шихты. На агломерационной фабрике № 2 горячий воздух используют также для утилизации тепла. На рис. 5 показан готовый охлажденный агломерат на выходе из охладителя.

Оптимизация технологического процесса. На агломерационных фабриках компании DSC установлена система оптимизации процесса спекания Simetal последнего поколения. Эта система является типичной системой уровня 2, в ней происходит обмен информацией с базовой системой автоматизации, а также сбор и хранение информации, ее выдача и визуализация, составление отчетов. Различные мо-

дели процесса позволяют рассчитать идеальный, несмотря на возможные вариации состава компонентов, состав агломерационной шихты, позволяющий получить высококачественную продукцию.

Замкнутая экспертная система периодически оценивает ход процесса агломерации и отражает результаты оценки на дисплее в форме диагностического заключения. При обнаружении отклонений от оптимальных параметров процесса экспертная система принимает меры к исправлению

процесс спекания, корректируя положение точки агломерации в продольном и поперечном направлениях, контролируя баланс возврата мелких фракций, основность и содержание SiO_2 , а также расход кокса. Если требуется изменить состав шихты в связи со сменой параметров процесса или состава отдельных компонентов шихты, то экспертная система автоматически запускает расчет нового состава шихтовой смеси в базовой системе автоматизированного управления процессом.



Рис. 6. Доменная печь № 1 компании Dragon Steel Corporation, Тайвань

Производительность, т/сут	7143
Внутренний объем, м ³	3274
Рабочий объем, м ³	2799
Диаметр горна, м	12
Число фурм	32
Число леток	3
Максимальное давление дутья (изб.), кг/см ²	4,8
Максимальное давление на колошнике (изб.), кг/см ²	2,5

Таблица 2. Основные конструктивные параметры доменных печей № 1 и 2

ситуации, причем это воздействие выполняется в полностью автоматическом режиме, без вмешательства оператора. Экспертная система оптими-

Ссылка на видеофайл, представляющий доменную печь № 1 компании Dragon Steel http://www.youtube.com/watch?v=-_fhx757WAI



Ввод оборудования в эксплуатацию. Агломерационная фабрика № 1 была введена в эксплуатацию 7 декабря 2009 г. Выпуск агломерата постепенно увеличивался до 7600–8200 т/сут (рекордный показатель составил 8888 т/сут) в соответствии с потребностями производства. За первые три года работы агломерационной фабрики было произведено примерно 7,5 млн. т агломерата.

Агломерационная фабрика № 2 была введена в эксплуатацию 28–29 сентября 2012 г. в соответствии с планом, а через несколько недель уже была достигнута номинальная производительность.

Доменные печи

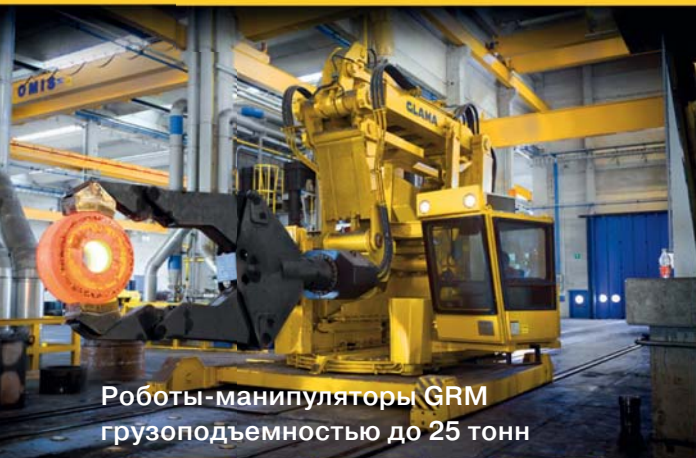
В мае 2006 г. компания Siemens VAI заключила контракт с компанией DSC на поставку оборудования новой доменной печи № 1 с диаметром горна 12 м, с целью увеличения годовой выплавки чугуна до 2,5 млн. т. Через



GLAMA

**...новые измерения
для ковки**

Рельсовые ковшные манипуляторы GSM
грузоподъемностью до 350 тонн



Роботы-манипуляторы GRM
грузоподъемностью до 25 тонн



Мобильные ковшные манипуляторы GFM
грузоподъемностью до 150 тонн

GLAMA Maschinenbau GmbH

Hornstraße 19 D-45964 Gladbeck / Germany

Тел.: + 49 (0) 2043 9738 0

Факс: + 49 (0) 2043 9738 50

Эл. почта: info@glama.de Интернет: www.glama.de



Рис. 7. Вид на фурмы доменной печи № 1

3,5 года строительно-монтажные работы были завершены, и в феврале 2010 г. доменная печь была введена в эксплуатацию (рис. 6).

Заказ на вторую доменную печь аналогичной конструкции был получен в августе 2008 г., а второй цех начал работать в марте 2013 г. По замыслу оба проекта включали разработку конструкции и поставку оборудования, а также надзор за монтажными работами при сооружении современных доменных печей с островным расположением. Эти проекты характеризуются следующими особенностями:

- бесконусной верхней загрузкой с использованием ленточных транспортеров;
- медными холодильниками горна;
- расположением оборудования литейного двора на уровне пола цеха;
- тремя воздухонагревателями с внешними камерами сгорания;

— установкой газоочистки с турбиной для утилизации колошниковых газов.

В обеих доменных печах имеется по три летки, каждая из которых оснащена отдельным буром для вскрытия, пушкой для забивки и манипулятором для набрызгивания. В комплект поставки входят также три электрические осевые воздуходувки, газосборник объемом 100 тыс. м³ и оборудование для вдувания пылеугольного топлива. Основные конструктивные параметры обеих доменных печей приведены в табл. 2.

Система подачи дутья. Эта система предназначена для нагнетания холодного воздуха в воздухонагреватели, где воздух нагревается и в роли горячего дутья поступает в доменную печь. Каждая печь оборудована одной воздуходувкой, обеспечивающей 100%-ную потребность печи в дутье, и еще

одной такой же резервной воздуходувкой. На втором этапе планируется сооружение перепускного аварийного трубопровода на случай выхода из строя воздуходувки. Воздух сжимается в 14-ступенчатом компрессоре до получения требуемого давления на выходе и нагревается в процессе сжатия примерно до 250 °С. Чтобы предотвратить повреждение воздуходувки в случае пульсации давления, устанавливается предохранительный клапан в сочетании с электронной системой противопомпажной защиты.

Во время испытания воздухонагревателя под давлением система управления воздуходувкой должна гарантировать постоянную подачу необходимого объема воздуха в доменную печь. На протяжении этого периода давление дутья регулируется в большей степени режимом работы компрессора, чем расходом холодного воздуха. После завершения испытаний под давлением система возвращается к регулированию расхода воздуха. На протяжении первого года работы доменной печи № 1 воздуходувки работали непрерывно с заданной производительностью на выходе порядка 5000 м³/мин (при н. у.).

Воздуонагреватели. Параметры горячего дутья, требуемые для работы каждой доменной печи, регулируются тремя воздухонагревателями с внешними камерами сгорания, в которых можно нагревать дутье до температуры 1250 °С. Предусмотрены резервные площади для сооружения в более поздние сроки дополнительного воздухонагревателя. Воздуонагреватели представляют собой большие стальные емкости, футерованные огнеупорами,

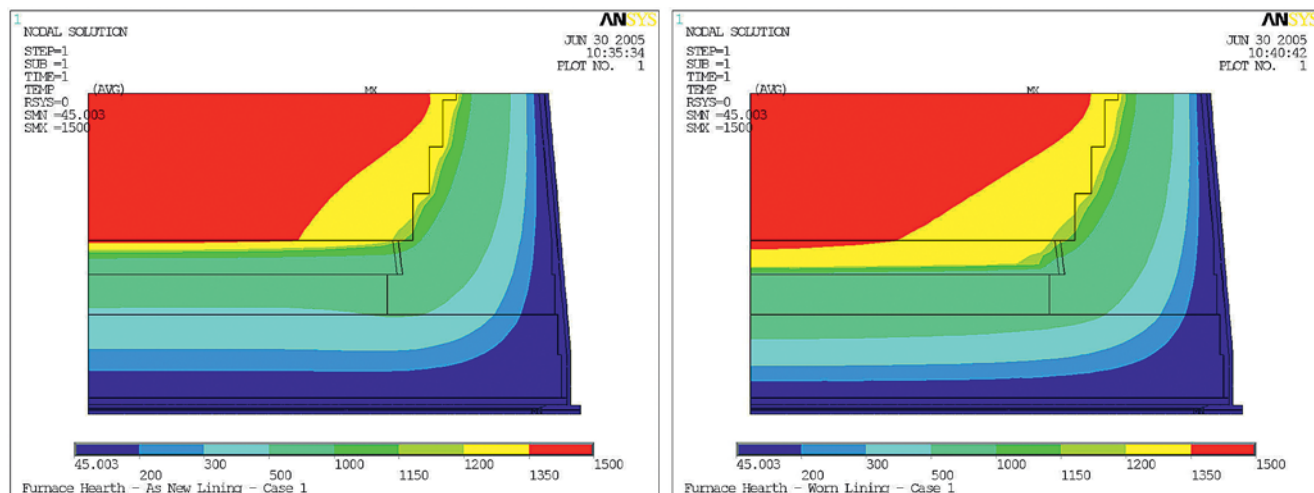


Рис. 8. Температурные профили новой (слева) и изношенной (справа) футеровок в зоне горна доменной печи



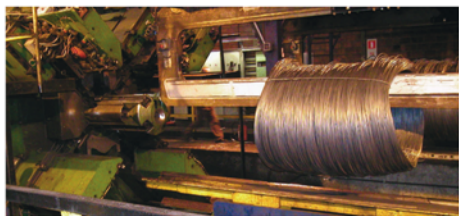
СИЛА НОВЫХ ИДЕЙ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Арматурные и сортовые прокатные станы



Обвязочные машины



Устройства уплотнения бунтов и обвязочные
машины для бунтов



Штабелеукладчики для арматуры и труб

www.ats.ud.it

с внешними камерами сгорания, помещенными в стальном кожухе и оборудованные керамической горелкой. Оба узла воздухонагревателя соединены между собой крепежными деталями, которые рассчитаны на восприятие осевых и вертикальных напряжений, возникающих вследствие различного теплового расширения двух камер.

Вдувание угля. Две доменные печи были укомплектованы тремя поставленными и смонтированными установками для размола угля. Две из них были включены в комплект поставки оборудования доменной печи № 1, а третья была поставлена вместе с оборудованием печи № 2. Можно предположить, что после запуска печи № 1 образовались избыточные мощности для измельчения угля до порошкообразного состояния, но в соответствии с общей стратегией строительно-монтажных работ такое решение оказалось экономически наиболее целесообразным с учетом необходимой избыточности и дублирования. Проекты доменных печей предусматривают возможность их работы с использованием системы вдувания порошкообразного угля или без использования такой системы.

Установки для измельчения угля и устройства для его вдувания обеспечивают получение и доставку в печь сухого угольного порошка проектной производительностью 54 т/ч (эквивалентно 180 кг/т чугуна при работе печи с проектной мощностью), причем в будущем этот показатель может быть увеличен. В системе вдувания предусмотрены накопительные и распределительные емкости для возможности раздельной подачи угольного порошка в доменные печи. Уголь из бункера вначале заполняет накопительную емкость инжектора. После заполнения емкости заслонку на входе в нее перекрывают. Затем давление в этом сосуде повышается и выравнивается с давлением в распределительной емкости, которое поддерживается на постоянном уровне. После выравнивания давления уголь перемещается в распределительный сосуд, из которого вдувается в доменную печь через выбранные для этой цели фурмы, при этом расход угольного порошка контролируется.

Для предотвращения возможности взрыва или возгорания при повышении концентрации кислорода применяют азот, который вытесняет кис-

лород из системы. Постоянно выполняемый мониторинг температуры и содержания монооксида углерода также позволяет выявить возможность возгорания. Кроме того, металлические включения и посторонние материалы, попавшие в уголь, удаляются из него на ранних стадиях процесса, так как могут вызвать искру и послужить причиной взрыва или возгорания.

После ввода в эксплуатацию доменной печи № 1 система вдувания угольного порошка достигла такой производительности, что уже в июле 2011 г. средний расход порошкообразного угля (смесь углей с высоким и низким содержанием летучих) составил 148 кг/т чугуна, а максимальный расход достиг 160 кг/т. Аналогичный уровень показателей достигнут в настоящее время также и на доменной печи № 2.

Горн доменной печи. Горн доменной печи охлаждается методом разбрызгивания с использованием непрямой схемы подачи воды в замкнутой системе охлаждения. Возвратную воду собирают в водосборнике, а затем насосом подают в установку водоочистки. Вода для охлаждения лещади доменной печи поступает из замкнутой системы водяного охлаждения печи. Система охлаждения лещади последовательно соединена с аналогичной системой охлаждения устьев фурм таким образом, что вода, прошедшая через устья фурм, поступает затем в трубопроводы системы охлаждения лещади и только после этого возвращается в теплообменник. На рис. 7 показан узел фурм доменной печи № 1.

Стратегия компании Siemens VAI в вопросе стойкости огнеупорной футеровки направлена на достижение длительности кампании доменной печи в 15–20 лет. На рис. 8 показаны изотермы для новой и равномерно изношенной футеровки горна доменной печи. Расположение изотермы 1150 °С (линия застывания чугуна) для изношенной футеровки свидетельствует о том, что в этом случае имеет место лишь минимальный теоретический износ стенок и основания горна, из чего следует, что предложенная конструкция может обеспечить длительную кампанию печи в соответствии с требованиями оператора.

Ввод в эксплуатацию. Работы по строительству, монтажу и сдаче в экс-

плуатацию проводились персоналом компании DSC под руководством небольшой группы специалистов компании Siemens, в состав которой входили механики, электрики, инструментальщики, программисты, специалисты по сетям и коммуникациям и технологи. Задувка доменной печи № 1 произошла 27 февраля 2010 г., а первая плавка была выпущена на следующий день. Применили консервативную систему ввода оборудования в эксплуатацию. Производительность печи сначала довели до 5000 т/сут, а затем постепенно повысили до проектного уровня 7143 т/сут. Через некоторое время печь превысила номинальную производительность и достигла рекордного суточного показателя 8229 т (эквивалентно 2,51 т/сут (на 1 м³

Подготовительные работы к сооружению доменной печи № 2 были начаты в январе 2010 г., а возведение доменной печи — в сентябре 2010 г. Прогрев воздухонагревателей стартовал в январе 2013 г., а задувка доменной печи состоялась 6 марта 2013 г. Проектная производительность 7143 т/сут была достигнута через две недели после задувки и стабилизировалась на этом уровне, а максимальная производительность и на этой печи превысила 8000 т/сут.

Выводы

Средние показатели производительности двух агломерационных фабрик и двух доменных печей, действующих в настоящее время на заводе компании DSC, намного превысили проектный уровень. Своевременное завершение данных проектов и отличные достигнутые производственные показатели — результат успешной совместной работы сотрудников компании DSC и конструкторов компании Siemens VAI, участвовавших в реализации проектов. Авторы статьи пользуются удобным случаем, чтобы поблагодарить компанию Dragon Steel Corporation за предоставленную информацию и разрешение на публикацию данной статьи. ■