

Совершенствование предварительного нагрева и важность работы электродуговых печей большой емкости с жидким остатком

Для повышения производительности сталеплавильных цехов с электродуговыми печами на протяжении последнего десятилетия совершенствование систем Consteel® было связано в основном с решением таких проблем, как масса плавки и непрерывная загрузка, и в меньшей степени касалось операции предварительного нагрева. Позднее предварительный нагрев вновь оказался в центре внимания при разработке путей модернизации в связи с возрастающими требованиями к энергосбережению и охране окружающей среды в странах Западной Европы и Америки. Общей особенностью новых систем Consteel является работа с большим «болотом» (жидким остатком металла). В данной статье рассмотрены причины, по которым «болото» является принципиальной основой этой технологии, приведены детали процесса, в частности для большегрузных плавков, а также новые концепции.

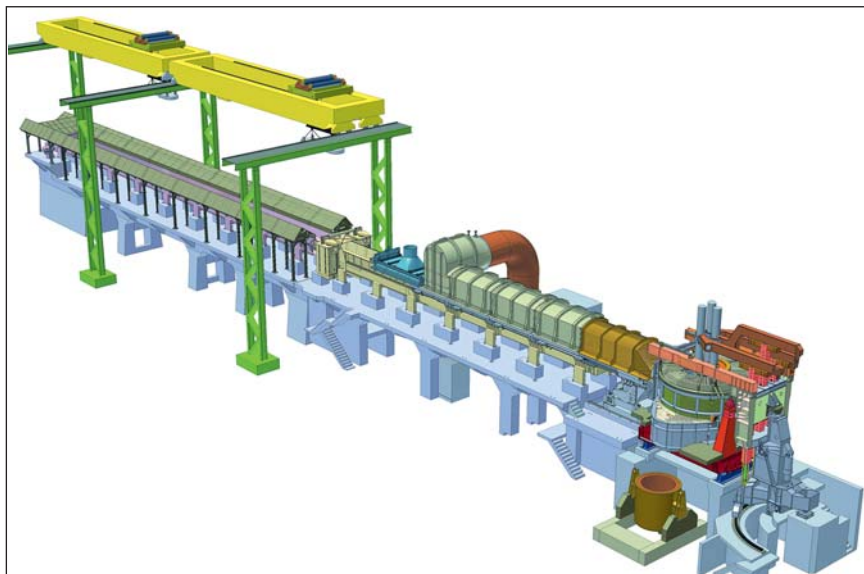


Рис. 1. Схема системы Consteel®

Введение

Система Consteel® явилась эффективным ответом на возросшие требования, с которыми столкнулись сталеплавильщики во всем мире. Эффективное использование доступных видов энергии, удовлетворение жестких требований нормативной документации, связанной с охраной окружающей среды, уменьшение фликкер-эффекта и гармонических помех, повышение производительности — таковы некоторые особенности этой промышленной технологии. Для процесса Consteel характерна постоянная загрузка в электродуговую печь (ЭДП) металлосодержащей шихты (тяжеловесного и легковесного лома, чушкового и жидкого чугуна, горячебрикетированного железа и др.), которая предварительно нагревается, и контролируемый выброс газов. В технологической линии Consteel скрап с помощью кранов загружают на горизонтальные импульсные транспортеры, которые его подают в ванну ЭДП (рис. 1). Перед поступлением в печь скрап проходит через участок предварительного подогрева с туннельной печью, где нагревается потоком отхо-

дящих газов, движущихся во встречном направлении.

В ходе непрерывной загрузки ванна с жидким металлом в ЭДП защищена слоем вспененного шлака, и ее температура — или удельный расход энергии — контролируется. Скрап, поступающий в печь, погружается в жидкий металл (оставшийся от предыдущей плавки), который всегда имеет достаточный объем. При этом скрап не подвергается воздействию излучения электрической дуги. Расплавление посредством конвекции и теплопроводности, а не под воздействием излучения электрической дуги — более эффективный путь передачи тепловой энергии скрапу в процессе электродуговой плавки. (Эта концепция более подробно будет рассмотрена ниже.)

Электрическая дуга горит под слоем вспененного шлака (рис. 2). Энергия передается ванне с жидким металлом и шлаку с большей эффективностью, при этом уменьшается излучение в направлении стеновых панелей и огнеупоров. Так как ванна с расплавленным металлом покрыта вспененным шлаком на протяжении всего периода работы

Марио Маркоцци, Марта Гаццон, фирма Tenova SpA, Милан, Италия

Контакт: www.tenovagroup.com
E-mail: metalmaking.sales@it.tenovagroup.com

печи под током, то электрическая дуга работает в более стабильных условиях, чем в случаях, когда она горит в атмосфере и при работе с более высоким коэффициентом мощности, т. е. при максимизации активной мощности по отношению к реактивной.

Благодарность изобретателю.

Краткое жизнеописание Джона Э. Вэлломи, награжденного японским национальным институтом AIST в 2009 г. памятной медалью Тадеуша Сендзимира, необходимо при обсуждении технологии Consteel. Джон Э. Вэлломи — один из тех инженеров-металлургов, кто способен нетрадиционно взглянуть на проблемы. Благодаря его способностям к наблюдению и пониманию процессов, он считается не только изобретателем технологии Consteel, но и настоящим инноватором в области электродуговой плавки стали. Его идея родилась как комбинация хорошо известных процессов плавки (например, непрерывной плавки железа прямого восстановления) и использования существующего оборудования (например, импульсных транспортеров). При этом важно было учесть такие требования производства, как сокращение расходов путем предварительного нагрева скрапа.

В 1985 г. Джон Э. Вэлломи получил шанс технически реализовать свою теорию. Он предположил, что если непрерывно подавать скрап и поддерживать расплавленную сталь в печи в температурном интервале «углеродистого кипения ванны», то это позволит обеспечить постоянную температуру и химический состав расплава во всей ванне. Директор завода компании Nucor Steel в Дарлингтоне предложил временно модифицировать 30-тонную ЭДП в прототип агрегата Consteel. Руководители компании Florida Steel Corporation (в настоящее время — Gerdau Ameristeel) посетили установку-прототип и приняли решение о сооружении агрегата Consteel на своем металлургическом заводе в Шарлотте. Это был первый агрегат Consteel, введенный в промышленную эксплуатацию, который непрерывно работает уже на протяжении 22 лет. Первое крупное переоборудование этого цеха намечено на 2013 г.

Основные преимущества процесса

Основным преимуществом процесса Consteel является экономия электроэнергии, достигаемая благодаря действию следующих факторов:

- предварительному нагреву скрапа;
- отсутствию необходимости открывать крышку печи для загрузки скрапа;
- высокому соотношению времени работы печи под током и длительности плавки от выпуска до выпуска;

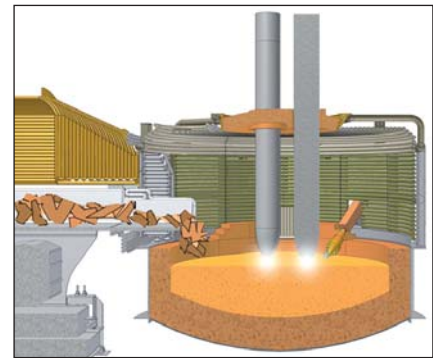
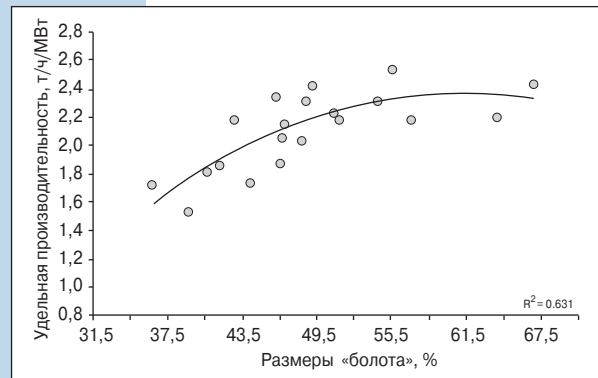


Рис. 2. Загрузка и расплавление предварительно нагретого скрапа

Рис. 3. Зависимость производительности печи от размеров «болота»



— влиянию консистентного вспененного шлака

Предварительный подогрев скрапа важен с точки зрения экономии электроэнергии, но за последние 20 лет промышленного применения процесса Consteel с непрерывной загрузкой он продемонстрировал и такие преимущества, как безопасность, сокращение производственных расходов, снижение нагрузки на окружающую среду, комфортные и эргономичные условия работы персонала. Для смежных подразделений предприятия процесс Consteel создает меньше шума и запыленности.

В водоохлаждаемых стеновых панелях, крышке и фурмах печи не возникает утечек, вызываемых горением дуги или ударами скрапа при загрузке, что сводит к минимуму опасность попадания воды в печь. Все это повышает безопасность условий работы по сравнению с типовыми электродуговыми печами. Кроме того, надежно подтвержденное уменьшение фликкер-эффекта (воздействия на питающую электрическую сеть) является важным преимуществом систем Consteel.

В процессе Consteel не предъявляются особых требований к металлосодержащей шихте. Потребитель может приобретать скрап низкой плотности, так как отсутствуют ограничения по объему, присущие загрузке коробами. Другим важным и подтвержденным преимуществом является повышенный выход годного, достигаемый в результате более эффективного равновесия металлургических реакций в расплавленном металле благодаря снижению образований FeO. В результате значительно уменьшается стоимость металлошихты, как это имеет место, например, на заводе ORI Martin в Италии.

Непрерывная загрузка обеспечивает высокую гибкость процесса, позволяя использовать железо прямого восстановления, горячебрикетированное железо, жидкий и чушковый чугун. Равномерный процесс плавки в ванне печи оказывает меньшее воздействие на такое оборудование, как водоохлаждаемые стеновые панели, крышка, водоохлаждаемые фурмы, а также завалочные краны, которые уже не используются, за исключением редких случаев завалки коробами,

например, в начале кампании печи. Кроме того, сокращаются объемы ремонтов футеровки и горелок. Новейшие системы Consteel спроектированы с высокой надежностью, высоким уровнем работоспособности (более 99 %), требуют небольшого и несложного ремонтного обслуживания.

Высокопроизводительные сталеплавильные цехи

Основные причины возросшего в последние годы интереса к технологии Consteel, особенно в странах Азии, связаны с природоохранными аспектами этой технологии, а также с большим потенциалом повышения производительности ЭДП. Установка печей большой емкости позволяет достигнуть максимальной производительности при оптимизированном расходе энергии, а также обладает рядом преимуществ с точки зрения охраны окружающей среды и технологических параметров. Тем не менее успех таких печей связан в первую очередь с их высокой производительностью.

Система Consteel хорошо известна своими возможностями повышения производительности ЭДП при неизменной мощности трансформаторов. Полученные в ходе наблюдений фактические технико-экономические показатели свидетельствуют, что при традиционном процессе плавки в ЭДП удельная производительность (отнесенная к 1 МВт энергии) составляет 1,5 т/ч на 1 МВт электроэнергии и может быть повышена до 1,8 т/ч при большом потреблении химической энергии. Для ЭДП, работающих по технологии Consteel, эти показатели составляют, соответственно, 2,3 и 2,5 т/ч на 1 МВт; последний показатель достигается при интенсивном и оптимизированном вдувании кислорода. Применение печей большой емкости позволяет повысить эти показатели и достигнуть еще более высокой производительности. Цехи с такими печами имеются на заводах компаний GJ Steel, Таиланд, Dongbu, Южная Корея, Tokyo Steel, Япония.

Компания GJ Steel (бывшая Nakornthai Strip Mill) в Таиланде имеет в своем составе крупнейшую в Юго-Восточной Азии электродуговую печь (масса плавки 187 т,

потребляемая мощность 95 МВт). Завод компании, расположенный в промышленной зоне Чонбури, удаленной на 110 км юго-восточнее Бангкока, производит до 1,5 млн. т/год горячекатаной полосы в рулонах. В сталеплавильном цехе сооружена одна печь Consteel с трансформатором мощностью 130 МВА, система непрерывной подачи скрапа производительностью примерно 245 т/ч, два ковша емкостью 180 т для процессов вторичной металлургии и одна двоякая установка для вакуумной дегазации, а также одна МНЛЗ для литья тонких слябов (толщиной 40–60 мм) производительностью 225 т/ч. Система непрерывной подачи скрапа состоит из трех транспортеров с каскадным расположением, два из которых — загрузочные, а один — для печи предварительного нагрева. Кроме того, имеется передаточная тележка, связывающая транспортер печи предварительного нагрева и ЭДП. Лотки транспортера имеют трапециевидную форму шириной 2200 мм у днища и 2700 мм в верхней части, высота транспортера 1 м. Транспортер со слоем скрапа толщиной 800 мм движется со скоростью, регулируемой в пределах от 2 до 6 м/мин. Так как объем скрапа, подаваемого на транспортер, достигает 250 т/ч, то для загрузки системы транспортеров используют два отдельных мостовых крана.

Компания Dongbu Steel в Южной Корее располагает крупнейшей ЭДП в стране (масса плавки 160 т, потребляемая мощность 93 МВт). На заводе компании работают две большегрузные системы Consteel, сооруженные на одной площадке и имеющие общую производительность 2500000 т/год. Длина каждой системы 110 м. На загрузочном участке имеются два транспортера, которые, кроме скрапа, подают в печь чушковый чугун и горячебрикетированное железо. Помимо повышения производительности, компания Dongbu Steel сумела воспользоваться рядом природоохранных преимуществ системы Consteel. По сравнению с традиционными электродуговыми печами с верхней загрузкой снизилось выделение газов и запыленность атмосферы, а также уменьшился уровень шума.

Компания Tokyo Steel, Япония, имеет в своем составе крупнейшую в Японии ЭДП (масса плавки 300 т, потребляемая мощность 170 МВт), созданную в 2010 г., и крупнейшую в мире систему Consteel. Производительность сталеплавильного цеха завода Курашики достигает 360 т/ч. Транспортер для подачи скрапа в печь имеет номинальную производительность (отнесенную к одной плавке) 300 т, а суммарная емкость печи составляет 420 т, т. е. эта печь работает с массой жидкого остатка примерно 120 т.

Новые цехи. Кроме приведенных примеров, в эксплуатации находятся — или вскоре будут введены в действие — и другие крупные системы Consteel: электродуговая печь (масса плавки 250 т, потребляемая мощность 130 МВт) на заводе фирмы Arvedi, Италия, которая является крупнейшей в Европе; печь (масса плавки 140 т, потребляемая мощность 70 МВт) на заводе фирмы Vallourec & Sumitomo Tubos de Brasil — VSB, крупнейшая в Бразилии; печь (масса плавки 120 т, потребляемая мощность 100 МВт) фирмы Romina Steel во Вьетнаме; печь (масса плавки 220 т, потребляемая мощность 120 МВт) фирмы Beris-Feida в Китае.

Результаты работы крупнейшей печи Consteel компании GJ Steel, Таиланд

На заводе компании GJ Steel в Таиланде уже более 10 лет эксплуатируется крупная печь Consteel, что позволило накопить надежные показатели ее работы, хорошо поддающиеся сопоставлению. Эти показатели свидетельствуют о преимуществах крупнотоннажных печей Consteel, прежде всего о высокой производительности при производстве непрерывнолитых слябов. Основные параметры и технико-экономические показатели этого агрегата представлены в **табл. 1**.

На заводе компании GJ Steel выплавляют углеродистую низколегированную сталь в 187-тонной печи. Общая емкость печи равна 300 т, т. е. печь работает с остатком жидкой стали массой примерно 100 т, что составляет около 53,5 % массы разливаемой плавки. Скрап подается транспортером шириной 2200 мм, имеющим

Следуя традициям, создавая будущее



TOKAI ERFTCARBON

Ваш поставщик графитированных электродов

TOKAI ERFTCARBON GmbH

Aluminiumstraße 4
41515 Grevenbroich

P.O. Box 100263
41486 Grevenbroich
Germany

Telefon +49 21 81 / 49 52 - 100
Telefax +49 21 81 / 49 52 - 252

www.tokai-erftcarbon.com

Основные параметры	
Масса плавки, т	187
Общая емкость ЭДП, т	300
Фактическая масса жидкого остатка, т	95–100
Диаметр печи, мм	8500
Диаметр электродов, мм	610
Длина завалочного транспортера, м	75
Длина транспортера печи предварительного нагрева, м	40
Ширина транспортера, мм	2200
Состав шихты	
Чушковый чугун, %	35–40
Пакетированный легковесный лом, %	30
Тяжеловесный лом № 2, %	20–25
Горячебрикетированное железо, %	10
Производственные показатели	
Время работы печи под током, мин	50
Время работы с отключенным током, мин	15
Производительность, тгс*/ч	173
Расход электроэнергии, кВт·ч/тгс*	363
Расход кислорода, м ³ /тгс* (при н. у.)	36
Расход природного газа	0
Расход дувяемого углерода, кг/тгс*	14
Температура разливки, °С	1630
* Тонн годных слябов.	

Таблица 1. Технично-экономические показатели печи Consteel на заводе компании GJ Steel, Таиланд

общую длину примерно 115 м. Оперативная практика загрузки шихты имеет следующие особенности:

- верхним слоем загружают чушковый чугун, чтобы обеспечить максимальную эффективность предварительного нагрева;
- тяжеловесный лом загружают на транспортер нижним слоем, чтобы не замедлять скорость транспортера;
- средняя скорость подачи скрапа 4,5–5,5 м/мин, что примерно соответствует частоте вибрации 49 Гц.

Инжекционная система печи состоит из двух подвижных фурм, расположенных на боковой стенке со стороны шлакового окна. Через каждую фурму в печь дуют 5000 м³/ч (при н. у.) кислорода и до 100 кг/мин порошкообразного угля. Фурмы наклонены под углом 33 град. к гори-

зонтальной плоскости и под углом 15 град. к оси печи. Половина шлакообразующих добавок вносится через четвертое отверстие в крышке, расположенное между транспортером и эксцентричным выпускным отверстием в поде печи, а вторая половина — загрузочным транспортером. Общее количество вносимого известняка составляет примерно 35–50 кг, а доломита — 15 кг на 1 т годных слябов. Индекс основности шлака IB2 поддерживают в пределах 2–2,5.

Печь Consteel обеспечивает производительность на уровне 173 т/ч годных слябов, причем при пониженном расходе электрической и химической энергии по сравнению с традиционной электродуговой печью с верхней загрузкой и без потребления природного газа. Средняя, фактически потребляемая активная мощность во время работы печи под током равна 81,5 МВт, что соответствует удельной производительности 2,12 т/ч на 1 МВт. Такие высокие показатели в большой степени достигаются благодаря работе печи с жидким остатком.

Важность работы печи с жидким остатком

Чтобы понять роль жидкого остатка («болота»), в частности в процессе Consteel, следует рассмотреть основы механизма теплопередачи в этом процессе. Как уже упоминалось, скрап предварительно нагревается в туннельной печи и, достигнув ЭДП, падает в ванну с расплавленным металлом, температуру которого поддерживают на уровне 1560–1580 °С. Электрическая дуга постоянно закрыта вспененным шлаком, поэтому отсутствует прямая передача тепла скрапу посредством излучения дуги. Тепловая энергия передается скрапу путем теплопроводности и конвекции от жидкой стали.

В работе Тулуевского и Зинурова [1] утверждается, что производительность действующих печей Consteel, работающих на шихте, составленной из скрапа, ниже, чем у сверхмощных ЭДП нового поколения. Это утверждение основано на весьма упрощенных допущениях и по существу противоречит, например, результатам практической эксплуатации большинства систем Consteel в США,

удельная производительность которых превышает 2 т/ч на 1 МВт электроэнергии. Еще более общая оценка дана в обзоре, подготовленном фирмой Tenova по показателям работы 20 систем Consteel с ЭДП переменного тока; из этого обзора следует, что в 100 % случаев работы с «болотом», превышающим 46,5 % массы разливаемой плавки, удельная производительность печи — более 2 т/ч на 1 МВт электроэнергии.

Важно отметить, что в этом случае не расходуется химическая энергия. Хорошо известно, что использование природного газа и других горючих газов весьма ограничено в современных системах Consteel, хотя такая практика является общепринятой на современных высокопроизводительных ЭДП с загрузкой шихты коробами. Сопоставление этих двух технологических вариантов по общему потреблению энергии в МВт (не только электроэнергии) указывает на еще большие преимущества процесса Consteel по такому показателю, как удельная производительность (т/ч/МВт).

Руководствуясь только теоретическими принципами теплопередачи, можно сделать заключение, что передача энергии излучением более эффективна при расплавлении скрапа, чем теплопроводность, или — более конкретно — конвекция, имеющая место при расплавлении скрапа в жидкой ванне металла, как в процессе Consteel.

Теоретические основы. Энергия, передаваемая излучением, описывается законами Планка и Стефана-Больцмана:

$$dQ/dt = \sigma \times A \times F \times (T_a^4 - T_b^4),$$

где σ — постоянная Стефана—Больцмана; A — площадь поверхности; F — коэффициент формы; $T_{a,b}$ — температура поверхности объектов, участвующих в процессе теплообмена.

Конвекция описывается законом Ньютона для процесса охлаждения, из которого следует, что скорость потерь тепловой энергии телом пропорциональна разности температур тела и окружающей среды. Скорость конвективного теплообмена задается следующим дифференциальным уравнением:

$$dQ/dt = -h \times A \times \Delta T(t).$$



Siempelkamp

Maschinen- und Anlagenbau

Надежные, прочные и точные

Листогибочные прессы фирмы Siempelkamp



Листогибочный пресс BHBL

Преимущества листогибочных прессов фирмы Siempelkamp с одного взгляда:

- Усилие прессования до 100 МН
- Специальные гибочные инструменты
- Манипуляторы для заготовок
- Подвижный стол
- Система смены инструмента

Полная программа прессов для формовки листа

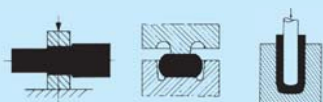


Формовка листа

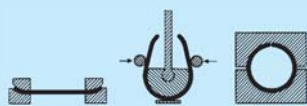
www.siempelkamp.com

Siempelkamp Maschinen- und Anlagenbau
Siempelkampstrasse 75
47803 Krefeld / Germany
Tel.: +49 (0) 2151/92-30
Fax: +49 (0) 2151/92-56 04
E-mail: ulrich.luecke@siempelkamp.com

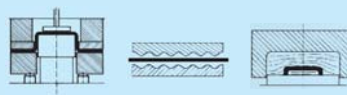
Полная программа Siempelkamp обработки металлов давлением



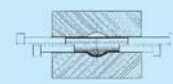
Ковочно-штамповочные прессы



Трубоформовочные прессы



Листоформовочные прессы



Гидроформовочные прессы

Коэффициент теплообмена h зависит от физических свойств жидкой фазы (например, температуры) и физической ситуации, в которой происходит процесс конвекции. Поэтому коэффициент теплопередачи определяют экспериментально для каждой исследуемой системы. В случае процесса Consteel коэффициент теплопередачи прямо зависит от наличия или отсутствия перемешивания ванны, которое превращает тепловой поток из ламинарного в турбулентный.

а излучаемая мощность пропорциональна температуре в четвертой степени. Таким же бесспорным фактом является отсутствие контакта расплавленного скрапа с электрической дугой в процессе Consteel; скрап контактирует только с жидким металлом, температура которого выше температуры холодного скрапа на 1500 °С, и всего на 100 °С ниже температуры плавления железа. Так как интенсивность теплопередачи прямо пропорциональна ΔT , то можно ожидать, что

звуковых инъекций сверху или других воздействий.

Законы Планка и Стефана—Больцмана в приведенных формулировках полностью соответствуют условиям работы традиционных ЭДП. Исключением является то, что они не могут объяснить все динамические явления процесса плавки, связанные с неопределенным распределением скрапа в печи; воздействием излучения только на сторону скрапа, обращенную к дуге, а также того, что дугу во многих случаях шлак покрывает лишь частично. Действительно, в традиционных ЭДП газокислородные горелки участвуют в расплавлении скрапа на уровне свободного борта печи, равно как и высокотемпературные газы, образующиеся при сгорании CO , выходящие из ванны. В процессе Consteel значительное количество энергии выделяется при окислении углерода в ванне под воздействием кислорода, вдуваемого через фурмы, и происходит дожигание газа, усиливающегося в туннельной печи предварительного нагрева. Итак, для обоих процессов — традиционного и Consteel — ввод химической энергии одинаково важен.

Более точные исследования конвекционного теплообмена в ЭДП были выполнены Айронсом, Проватасом и Ли из Университета МакМастера. В частности, одно из их исследований посвящено моделированию расплавления скрапа в жидком остатке металла электродуговой печи [2]. В этой модели, которая релевантна не только технологии Consteel, но и общему случаю плавки в ЭДП «с болотом», тепло передается твердой фазе конвекцией, а относительно температуры жидкой фазы принято допущение, что она остается примерно постоянной. Результаты показывают, что после расплавления многочисленные отдельные куски скрапа быстро формируют агломерации в разных частях ванны. Крупнейшие агломерации формируются на участках, где жидкая фракция расположена сравнительно низко, т. е. где скрап размещается более концентрированно. Наблюдения показали, что участки с меньшими агломерациями скрапа расплавляются быстро, а участки с более крупными агломерациями дольше остаются нерасплавленными,

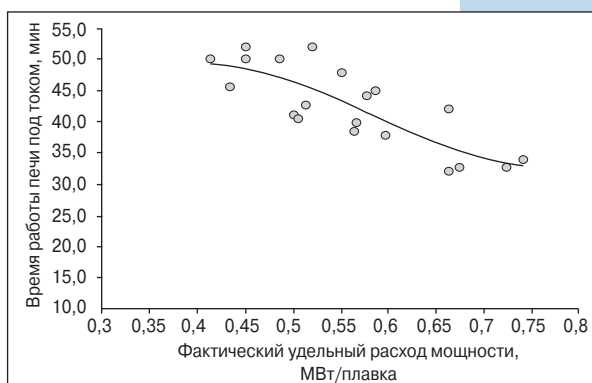


Рис. 4. Время работы печи под током в зависимости от фактического удельного расхода энергии

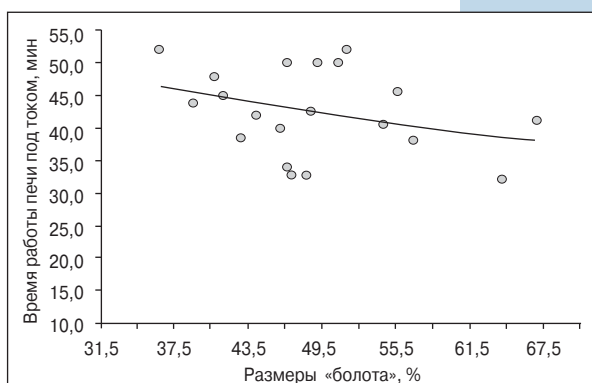


Рис. 5. Время работы печи под током в зависимости от размеров «болота»

Для ламинарных потоков коэффициент теплопередачи имеет сравнительно меньшие значения, чем для турбулентных; именно вследствие турбулентных потоков в жидкой фазе образуется более тонкая стоячая пленка на поверхности теплообмена.

Все соображения, изложенные выше, относятся к теоретическим аспектам теплопередачи излучением или конвекцией; упрощенный вывод из этих рассуждений может быть сделан в пользу большей эффективности излучения по сравнению с конвекцией. Бесспорным является следующий факт: температура электрической дуги, достигающая 4500–5500 °С, выше температуры плавления железа,

печи установок Consteel уступают традиционным печам по эффективности теплопередачи.

Однако условия протекания процесса Consteel не совсем точно соответствуют закону Ньютона; уточненные формулы требуют проведения анализа переходного уравнения теплопередачи в неоднородной среде с очень высокой проводимостью, а также учета в ходе анализа пористости скрапа и явлений динамического перемешивания в ванне под действием электромагнитных сил, возникающих при горении дуги, и, кроме того, учета дополнительного перемешивания под действием сред, подаваемых через пористые пробки в днище печи, сверх-



ПЕЧИ CAN-ENG

Испытанная технология производства труб и прутков



Закалка с последующим отпуском
Непрерывный отжиг труб
Непрерывный нормализационный отжиг труб
Термообработка партии

Системы Can-Eng снижают затраты труда и себестоимость, а также улучшают сроки поставок и качество. Чтобы получить дополнительную информацию о технических параметрах, конструкции и производственных возможностях компании Can-Eng Furnaces, зайдите на веб-сайт www.can-eng.com или свяжитесь с Майком Клауком по эл. почте: mklauck@can-eng.com

ЗАКАЛКА И ОТПУСК - ТРУБЫ, ПРУТКИ, ПЛАСТИНЫ
СВЕТЛЫЙ ОТЖИГ - УГЛЕРОДИСТАЯ И НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ



ПОСЕТИТЕ СТЕНД КОМПАНИИ ПЕЧИ CAN-ENG НА ВЫСТАВКЕ МЕТАЛЛ-ЭКСПО 2011, В ПАВИЛЬОНЕ № 69 ВСЕРОССИЙСКОГО ВЫСТАВОЧНОГО ЦЕНТРА В МОСКВЕ С 15 ПО 18 НОЯБРЯ 2011 ГОДА.



P.O. Box 235, Niagara Falls, New York 14302-0235 | www.can-eng.com | Тел.: +1 905.356.1327 | Факс: +1 905.356.1817

Пневматические конвейерные, дозирующие и инжекционные системы

- Индивидуальные и экономически эффективные технические решения и системы
- Развитие специальных производственных технологий по требованиям заказчиков
- Технология многоточечного вдувания MPI^{Pat.} для вспенивания шлака
- Технология вдувания сверху TIP^{Pat.} для установок печь-ковш и ковшей для науглероживания или легирования без использования огнеупорной фурмы
- Технология десульфурации для стали и чугуна
- Комплексные услуги от проектирования до ввода в эксплуатацию
- Длительный срок службы = меньшее техническое обслуживание = повышенная производительность, т. е. гибкая труба с огнеупорной футеровкой



STEIN
INJECTION-TECHNOLOGY

STEIN Industrie-Anlagen
Hagener Straße 20 - 24
D-58285 Gevelsberg
Germany

Telefon: +49 / (0) 2332 / 9206-0
Telefax: +49 / (0) 2332 / 62015
E-Mail: stein@sit-2000.com
Internet: www.sit-2000.com



ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗ КОМПРОМИССА

определяя окончательную продолжительность плавания.

Эти имитации на модели показывают, что теплопередачу можно увеличить путем усиления перемешивания «болота». Предыдущие работы этих же авторов в области моделирования показали, что донное перемешивание более эффективно, чем перемешивание верхней продувкой через фурмы. Безусловно, газовое перемешивание может уменьшить температурный градиент в печах, нагреваемых сверху. Применительно к процессу Consteel эти исследования позволяют сделать вывод, что коэффициент теплопередачи h зависит от многих факторов: перемешивания, соотношения скрап — жидкая фаза и других.

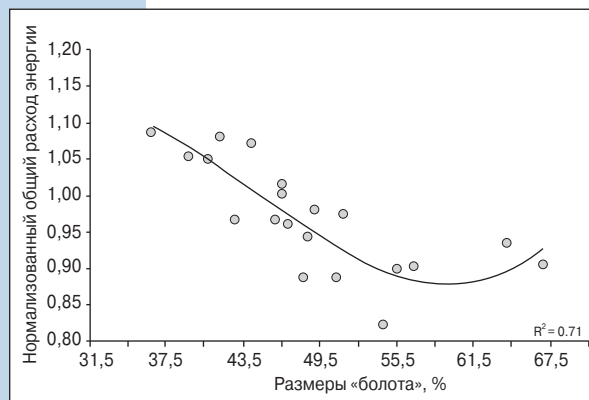
Коэффициент h зависит от движения жидкой фазы в ванне вокруг участков с наибольшими агломерациями скрапа. В большинстве проанализированных случаев применения технологии Consteel используют перемешивание или направляют большую часть вдуваемого кислорода на участок загрузки скрапа в печь для усиления движения жидкого металла вокруг твердого скрапа. Данные сообщения показывают, что законы теплопередачи, как и большинство физических законов, рассчитанных на статические условия, не могут объяснить результаты такого динамического процесса, как расплавление скрапа в ЭДП.

Дополнительные результаты исследований Айронса, Проватаса и Ли указывают, что время расплавления скрапа не зависит от размеров жидкого остатка в печи, так как конвекция там равномерна. Это заключение следует проанализировать в контексте исследования, где моделируется расплавление фиксированной массы скрапа в жидком остатке, происходящее независимо от массы плавки. Однако в динамических условиях протекания процесса Consteel, когда масса жидкого остатка постоянна, масса скрапа меняется. Это создает термическую инерцию, на основе которой интерпретируют динамический характер плавания. Процесс Consteel — непрерывный процесс, при котором режим ввода электроэнергии поддерживают по возможности равномерным, как и расход вдуваемого кислорода.

В процессе Consteel происходит поддержание постоянного удельного расхода энергии на протяжении всего периода расплавления, из чего можно сделать вывод — масса скрапа в «болоте» — или, в более общем случае, жидкая фракция — является функцией плотности скрапа.

разных странах мира; 70 % из них имеют удельную производительность в пределах 2–2,5 т/ч/МВт, а 30 % — от 1,5 до 2 т/ч/МВт. Все 100 % цехов, которые работают с жидким остатком, превышающим 46,5 % массы разливаемой плавки, имеют удельную производительность выше 2 т/ч/МВт.

Рис. 6. Общий расход энергии в зависимости от размеров «болота»



Выводы. Приведенные выше положения приводят к выводу, что коэффициент теплопередачи h зависит от перемешивания, плотности скрапа и других факторов. Установлено, что эти простые соотношения можно наблюдать на некоторых из действующих системах Consteel, в частности на описанном выше заводе фирмы GJ Steel. Возвращаясь к табл. 1, можно отметить, что 70 % загрузки составляет металлосодержащая шихта сравнительно высокой плотности (чушковый чугун, тяжеловесный скрап, горячеприкатированное железо), и только 30 % — легковесный скрап. Кроме того, хорошие характеристики огнеупорной футеровки зоны жидкого остатка и энергичное перемещение металла в ванне печи указывает на высокие значения коэффициента теплопередачи h . Удельная производительность печи составляет около 2,12 т/ч на 1 МВт, но не достигает более высокого уровня вследствие того, что в металлошихте используют горячеприкатированное железо, которое является очень энергоемким компонентом шихты.

Производственные результаты. Диаграммы, приведенные на рис. 3–6, построены по результатам работы выборки из 20 установок Consteel с ЭДП переменного тока, действующих в

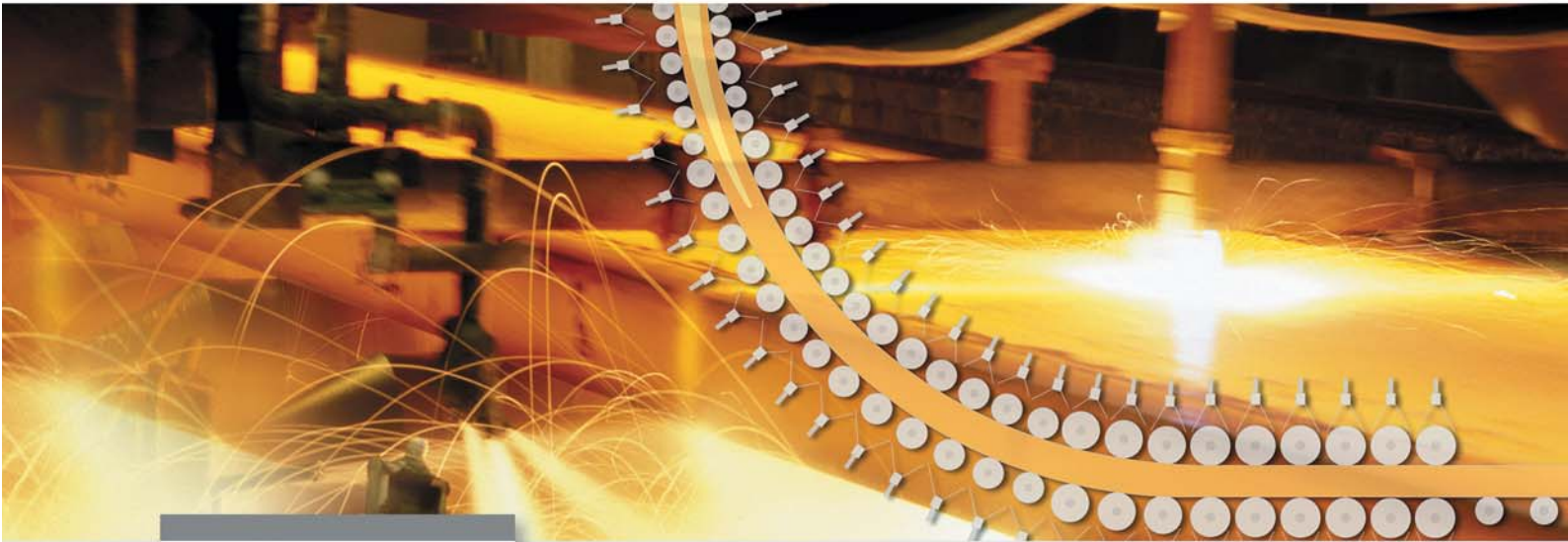
Эти данные, представленные в виде диаграмм, были получены в цехах, работающих с использованием производственных мощностей на 80 % и более, причем производство в этих цехах не сокращалось под влиянием колебаний рынка. Следовательно, простой проанализированных установок связаны только с плановыми остановками на ремонт и техническое обслуживание. Время от выпуска до выпуска плавки включает плановое и неплановое техническое обслуживание.

В общем случае корреляция между временем работы печи под током и размером «болота» (рис. 3) свидетельствует о том, что меньшее время работы под током соответствует более высокому «болоту». Рис. 4 и 5 подтверждают корреляцию между временем работы под током и фактическим удельным расходом энергии, а также корреляцию между временем работы под током и размером «болота». Эти корреляционные зависимости показывают, что «болото» в ЭДП, работающих по технологии Consteel, аналогичным образом влияют на достижение высокой производительности. Кроме того, пример компании GJ Steel демонстрирует важность «болота» для больших печей, работающих по технологии Consteel.

На рис. 4 показана корреляция между временем работы печи под



FAG



CoCaB
(Continuous Caster Bearing)
Программа подшипников INA/FAG
для МНЛЗ



CoCaB – подходящий подшипник

Несмотря на неблагоприятные рабочие условия, металлургическое и прокатное оборудование должно функционировать эффективно и надежно. В серии CoCaB мы предлагаем Вам программу подшипников, отлично соответствующую требованиям для использования в МНЛЗ. К ней относятся различные роликоподшипники INA-/FAG и игольчатые подшипники, а также специальные подшипниковые корпуса с водяным охлаждением.

Несомненно, «гвоздь программы» CoCaB – новый цилиндрический роликоподшипник FAG – представляет собой идеальное подшипниковое решение:

- высокая радиальная грузоподъемность,
- свободное осевое перемещение,
- компенсация угловых перекосов,
- простой и быстрый монтаж.

Заинтересовались? Свяжитесь с нами!

info.ru@schaeffler.com

www.schaeffler.com



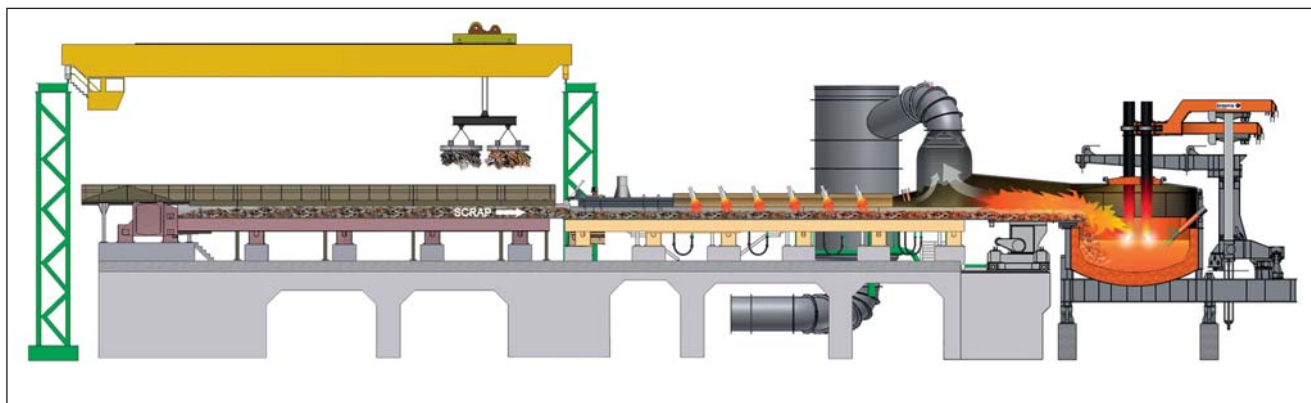


Рис. 7. Схема системы Consteel Evolution™

током и фактическим удельным расходом энергии в ЭДП, который определяли как частное от деления активной мощности (МВт) на массу плавки (т). Как и при традиционной плавке в ЭДП, чем выше фактический удельный расход энергии, тем меньше требуемое время работы печи под током.

Время работы печи под током зависит от многих факторов, в частности, от удельной активной мощности, потребляемой в процессе расплавления (рис. 5), а также от качества скрапа, его плотности и т. п. Корреляция между временем работы под током и размерами «болота» также зависит от всех этих факторов. Тем не менее прослеживается тенденция сокращения времени работы печи под током по мере увеличения размеров «болота», что можно трактовать как косвенное следствие термической инерции «болота».

При загрузке шихты в ЭДП работа с «болотом» также начинает играть все более важную роль. На действующих печах ищут пути более широкого внедрения «болота» путем их модернизации и переоборудования, «чтобы повысить эффективность работы печи», как утверждал Батчер с соавторами в работе [3], и для решения других специфических задач, например, для «уменьшения уноса шлака в ковш при выпуске плавки». Конструкторы электродуговых печей принимают как установленный факт, что режим работы с «болотом» позволяет реализовать целый ряд преимуществ в ходе электросталеплавильного процесса.

Наглядной демонстрацией преимуществ работы печи с высоким «болотом» служит корреляционная зави-

симость между общим расходом энергии и размерами «болота» (рис. 6). Общий расход энергии рассчитывают как сумму расхода электроэнергии, приведенного к температуре выпуска плавки 1620 °С, и расхода химической энергии (горение/реакции вдуваемого кислорода с вдуваемым газом в случае применения этой технологии). Затем результаты нормализуют, приводя к варианту работы с «болотом», составляющим 46,5 % массы выпускаемой плавки. Из рис. 6 следует, что в 60 % рассмотренных случаев размеры «болота» превышали 46,5 %, а общий расход энергии составил <1. Варианту, релевантному «болоту» размером 46,5 % и общему расходу энергии = 1, соответствует показатель 400 кВт·ч на 1 т годных слябов при полном исключении расхода природного газа.

Корреляционная зависимость показывает, что минимальный расход энергии наблюдается при размере «болота» 60 % массы выпускаемой плавки. Этот результат соответствует и зависимости, приведенной на рис. 3. Очевидно, что с точки зрения производительности и энергетической эффективности работа с большим «болотом» благоприятно отражается на показателях процесса.

Пример нормализованных показателей общего расхода энергии для компании GJ Steel еще раз наглядно подтверждает выводы, которые следуют из зависимости, показанной на рис. 6. Система Consteel компании GJ Steel работает с «болотом», превышающим 50 % массы выпускаемой плавки, и имеет третий среди лучших показателей энергетической эффективности в рассмотренной выборке цехов.

Эволюция предварительного нагрева

В предыдущих разделах статьи был описан современный уровень развития систем Consteel: увеличение размеров печного пространства и, соответственно, размера «болота», увеличение массы выпускаемой плавки с целью повышения производительности и улучшения показателей энергетической эффективности. Большегогрузные печи Consteel также следуют этим тенденциям. В некоторых регионах мира, например в Европе, системы Consteel считаются оборудованием, оказывающим меньшую нагрузку на окружающую среду. Эта технология облегчает удовлетворение локальных и национальных требований к контролю всех видов загрязнений окружающей среды: выбросов в воздух, жидких стоков, загрязнений почвы, уровня шума.

Одним из современных направлений совершенствования процесса Consteel является предварительный нагрев шихты. В настоящее время преимущества предварительного нагрева реализованы лишь на 30 %, и в этом направлении имеются большие потенциальные возможности. Исследования, выполненные на различных туннельных печах предварительного нагрева, показали, что туннели с уменьшенной высотой предпочтительны благодаря повышенной передаче энергии излучения скрапу в процессе предварительного нагрева и соответствующему снижению расхода энергии.

Исследования, выполненные фирмой Tenova, привели к созданию нового поколения систем Consteel: через 20 лет после изобретения этой техно-

→ Технологии для **высококонкурентной** продукции

Компании Fives DMS, Fives Stein и Fives Bronx, входящие в группу Fives, разрабатывают и поставляют оборудование для производства, прокатки и обработки углеродистой, нержавеющей и электротехнической стали.

Мы предлагаем наилучшие технологии для получения продукции высокого передела: линии отжига и травления, линии непрерывного цинкования, прокатные и трубосварочные станы. Наши инновационные решения способствуют достижению оптимальных показателей с точки зрения качества продукции, производственной гибкости, энергоэффективности, безопасности и экологии. Сегодня мы разрабатываем для вас оборудование будущего.



fives dms

логии появились системы Consteel Evolution™ (рис. 7). Одной из важнейших характеристик новой технологии является большее использование химической энергии (во всех случаях, когда это экономически и экологически оправданно) путем применения высокоэффективных горелок в туннельной печи и инжекторов для дожигания газов в печи.

Новая система предполагает разделение печи для подогрева на две зоны. В первой зоне, которая расположена выше установки для вытяжки газов, размещены высокоэффективные горелки. Печь представляет собой туннель для подачи скрапа, футерованный огнеупорами, в котором сверху закреплены горелки, максимально приближенные к скрапу, что обеспечивает наиболее эффективную теплопередачу.

Во второй зоне завершается дожигание газов, отходящих из печи. Эта зона связана с печью трубопроводом отходящего газа и предназначена для протекания реакций дожигания. В состав второй зоны входит традиционный соединительный патрубок и водоохлаждаемый участок грузочного транспортера туннеля. Его размеры обеспечивают замедление потока газов, отходящих из печи, для полного завершения реакций дожигания и пылеотделения. Наиболее тяжелые фракции пыли возвращаются в шихту, движущуюся к печи для загрузки; таким образом реализуется естественный рециклинг.

Два газовых потока сливаются на промежуточном участке, где смешиваются перед поступлением в установку газоочистки. Отсутствует необходимость в подводе дополнительного тепла, чтобы создать наилучшие возможные условия для сокращения загрязняющих выбросов и утилизации энергии отходящих газов. Система Consteel Evolution™ с повышенным использованием химической энергии является идеальным вариантом для применения технологии с утилизацией тепла и системой испарительного охлаждения.

Заключение

Системы Consteel работают в крупнейших сталеплавильных цехах с электродуговыми печами в Европе, Китае, Японии, Бразилии, Южной Корее, Юго-Восточной Азии и Вьетнаме. Это доказывает, что такая технология является наиболее эффективным решением не только для небольших мини- и микроразводов, но и удачной альтернативой для высокопроизводительных сталеплавильных цехов. Использование практики плавки с жидким остатком очень важно для достижения хороших производственных результатов. Жидкий остаток металла размером около 55–60 % массы выпускаемой из печи плавки представляется оптимальным с точки зрения максимизации производительности и повышения энергетической эффективности.

Развитие технологии Consteel привело к оптимизации туннельной печи для предварительного нагрева, что в будущем позволит улучшить операцию подогрева скрапа. ■

Библиографический список

- [1] Y. N. Toulouevski, I. Y. Zinurov; "Innovation in Electric Arc Furnaces", December 2009, Springer-Verlag New York, LLC.
- [2] J. Li, N. Provatas, G. A. Irons; "Modeling of Scrap Melting in the Heel of an EAF", Iron & Steel Technology, AIST Transactions, vol. 5, no 3, pp. 216–223, Aug. 2008.
- [3] B. Butcher, B. Laroy, K. Vanover, Y. Krotov, S. Meyer; "Single-Charge EAF Modification: Installation and Experience", Iron & Steel Technology, Feb. 2011, p. 43
- [4] J.P. Birat, "A futures study analysis of the technological evolution of the EAF by 2010", Irsid-Usinor Recherche, La Revue de Métallurgie-CIT, p. 1355, Nov. 2000.
- [5] E. Worrell, N. Martin, L. Price; "Energy Efficiency and Carbon Dioxide Emissions Reduction Opportunities in the U.S. Iron and Steel Sector", LBNL-41724, Energy Analysis Department, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, pp. 9–11, pp. 20–29, July 1999.
- [6] U. De Miranda, A. Di Donato, V. Volponi, U. Zanusso, P. Argenta, M. Pozzi; "Scrap continuous charging to EAF", ISSN 1018-5593, no 20883 European Commission, Luxembourg, pp. 1–41, 2003.

RRI | Rhein Ruhr International GmbH



Больше, чем стандарт

Мы предлагаем широкий спектр консультационных и инженерных услуг. Для наших клиентов в черной металлургии сервис включает инфраструктуру и производственные мощности в следующих областях:

- Производство чугуна
- Прокатное производство
- Отделочные работы
- Производство стали
- Нанесение покрытий
- Услуги вне границ площадки

Мы обеспечиваем наших клиентов экономически выгодными решениями и техническими «ноу-хау» на основе многолетнего международного опыта.

Диапазон наших услуг включает консультирование по вопросам инвестиций, разработку концепций, проектирование, управление проектами, авторский строительный надзор, в том числе менеджмент качества и оптимизацию стоимости.



E-Mail: sales@rri-do.de
E-Mail: kontakt-moskva@rri-do.de
www.rri-international.com

Phone GER: +49-(0)231-5482-0
Phone RUS: +7 965 254 89 00
Fax: +49-(0)231-57 55 56

РРИ Рейн Рур Интернациональ
ГmbH Инженёргезельшафт
125040, г. Москва
3-я улица Ямского Поля, д.18

Freistuhl 3
D-44137 Dortmund
P.O. Box 103332
D-44033 Dortmund

RRI Rhein Ruhr International GmbH
Ingenieurgesellschaft