

Мини-завод с полным циклом: короткий путь от железной руды до тонкой горячекатаной полосы

Фирмы SMS Siemag и Midrex Technologies заключили стратегический союз для совместной разработки концепции мини-завода с полным циклом для производства высококачественной горячекатаной полосы в рулонах; головным процессом технологического цикла является получение железа прямого восстановления (DRI). Сочетание передовых технологий позволяет металлургам воспользоваться преимуществами кратчайшего пути от железной руды до горячекатаной полосы в рулонах. По сравнению с традиционной схемой, основанной на использовании доменных печей, сочетание технологических процессов прямого восстановления железа, выплавки стали в электродуговых печах, литья тонких слэбов и горячей прокатки позволяет значительно сократить выбросы CO₂. Кроме того, оптимальное согласование производительности отдельных переделов обеспечивает достижение максимальной энергетической эффективности по всему производственному циклу, а следовательно, и быстрой окупаемости инвестиций.

Введение

В июне 2007 г. фирмы Midrex Technologies Inc., Kobe Steel Ltd. и SMS Siemag AG подписали соглашение о маркетинге и реализации проекта, основанного на использовании технологических процессов прямого восстановления железа MIDREX®, выплавки стали в электродуговых печах ARCESS, непрерывного литья тонких слэбов и прокатки в литейно-прокатном агрегате CSP® фирмы SMS Siemag. В результате был разработан и выполнен проект завода с полным металлургическим циклом, обеспечивающий не только кратчайший путь от железной руды до горячекатаной полосы, но и минимальный уровень затрат и получение продукции высокого качества. Соглашение предусматривает проведение экспертизы фирмами Midrex и Kobe Steel при освоении наиболее передовой в мире технологии прямого восстановления железа и реализацию глобальных возможностей группы SMS.

Как показано на рис. 1, основными участками нового завода являются:

- установка MIDREX®;
- электродуговая сталеплавильная печь ARCESS;
- литейно-прокатный агрегат CSP® с МНЛЗ для литья тонких слэбов.

Железо прямого восстановления (DRI), полученное в установке MIDREX®, характеризуется высоким содержанием металлического железа и почти полным отсутствием примесей других металлов, нежелательных при выплавке стали. В сочетании с современной металлургической технологией фирмы SMS Siemag это позволяет получать высококачественную продукцию и надежно освоить производство сложных марок стали ответственного назначения.

Процесс плавки в электродуговых печах серии ARCESS обеспечивает оптимальное и высокоэффективное использование электроэнергии. Непосредственная подача железа прямого восстановления DRI (HDRI) при температуре более 700 °С в электроду-

говую печь дает возможность дальнейшего сокращения производственных расходов и повышения производительности печей. Процесс CSP® позволяет уменьшить энергетические затраты на величину до 70 % по сравнению с традиционными процессами непрерывного литья и горячей прокатки, а также обеспечить максимальный выход годного.

Процесс прямого восстановления железа

Поскольку железо встречается в природе в виде оксидов, то задачей металлургов является восстановление железной руды, то есть удаление из нее кислорода. В установке Midrex в роли восстановительного агента используется природный газ, движущийся по схеме противотока. Основными элементами установки Midrex являются шахтная печь, установка реформинга, а также системы газоочистки и теплообмена (рис. 2). В шахтную печь непрерывно загружают железную руду. Внутри печи шихта движется сверху вниз, а восстановительный газ, состоящий в основном из водорода и монооксида углерода, движется в противоположном направлении — снизу вверх. Результатом этого процесса является железо прямого восстановления (DRI), иногда называемое также губчатым железом.

В реформере очищенный технологический газ из печи смешивается со свежим природным газом, нагревается и в ходе каталитической реакции разлагается на водород и монооксид углерода. Полученная горячая смесь газов поступает непосредственно в шахтную печь.

В зависимости от способа последующего использования и логистики сырьевых материалов DRI может подвергаться горячему брикетированию для получения горячебрикетированного железа — HBI. При другом варианте DRI охлаждают и загружают в электродуговую печь в холодном состоянии.

DRI, полученное процессом Midrex, отличается высоким содержанием

Докт. Йенс Кемпкен, докт. Гвидо Кляйншмидт, Ян Бадер, докт. Уве Тайдеман, фирма **SMS Siemag AG**, Дюссельдорф, Германия; Генри П. Гейнс-мл., Леонард Тод Эймс, фирма **Midrex Technologies Inc.**, Шарлотт, США

Контакт: www.sms-siemag.com,
www.midrex.com

E-mail: steelmaking@sms-siemag.com,
info@midrex.com

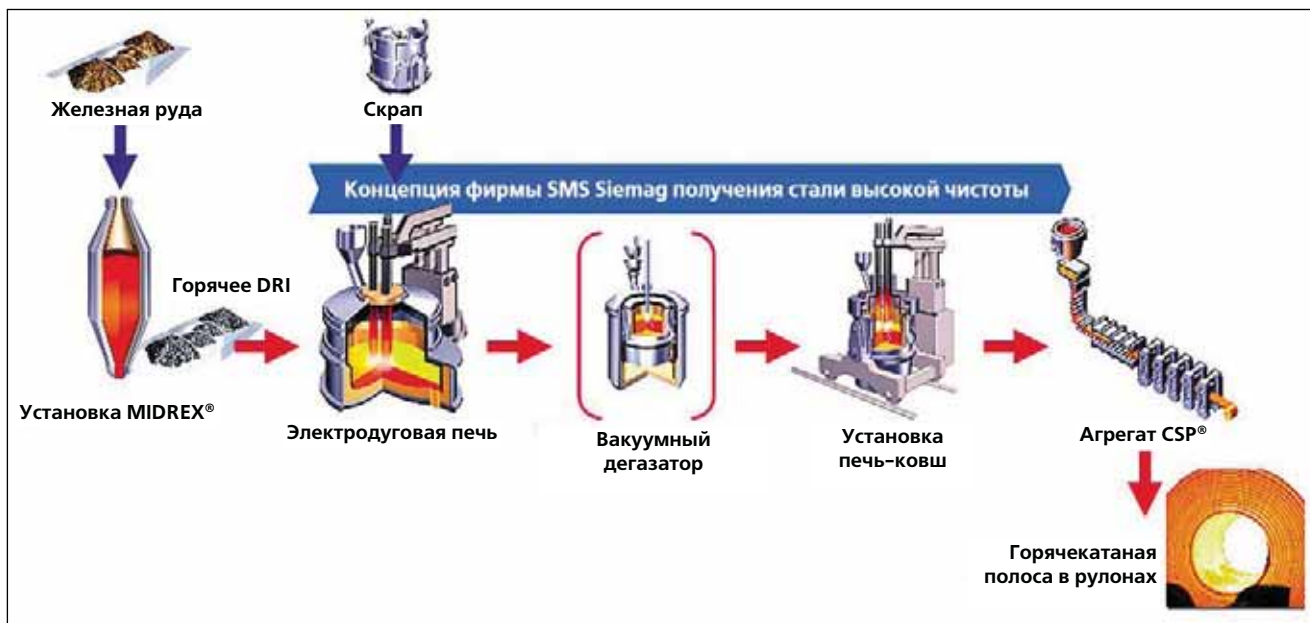


Рис. 1. Технологическая схема металлургического мини-завода с полным циклом

металлического железа и почти полным отсутствием примесей других металлов, нежелательных при выплавке стали. Около 60 % производимого в мире DRI получают с помощью процесса Midrex. В сочетании с технологией SMS Siemag получения стали высокой чистоты это позволяет достигать высоких результатов при проведении металлургических процессов и надежно выплавлять сложные марки стали ответственного назначения.

Современная технология выплавки стали

Технология выплавки стали в электродуговых печах ARCESS основана на сочетании конструктивных преимуществ печей и технологических «ноу-хау». Печь ARCESS отличается оптимальным использованием электроэнергии и применением кислородных горелок/инжекторов, что позволяет достигать высокой производительности при низких производственных затратах. К особенностям проекта можно отнести оптимальную планировку с точки зрения логистики, модульную концепцию печи, изготовленный в соответствии с требованиями заказчика кожух печи и оптимизированный пульт управления. Наиболее современные технологические «ноу-хау» позволяют добиться максимальной производительности благодаря использованию кислородных горелок и инжекторов, а также

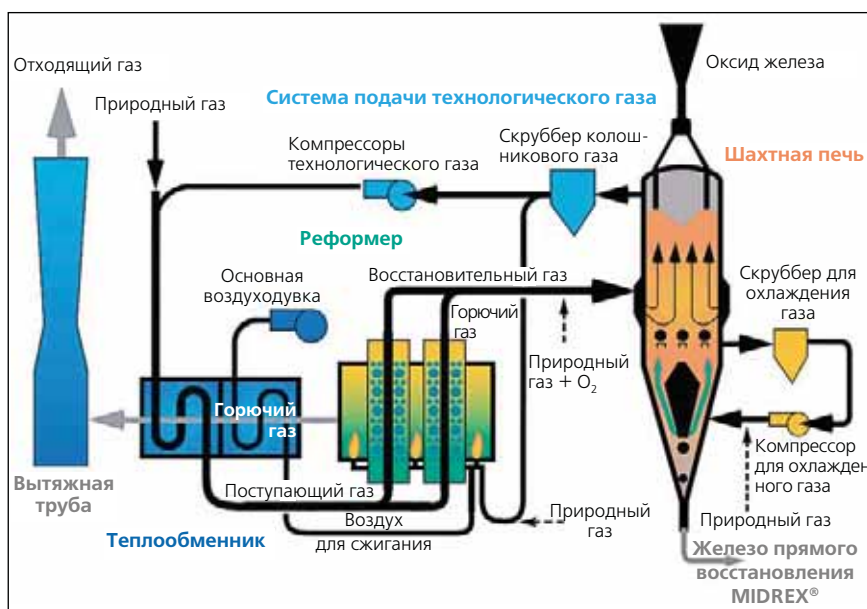


Рис. 2. Технологическая схема процесса Midrex для получения DRI

оптимального энергопотребления посредством применения системы управления электродами и новой технологии вспенивания шлака.

В цехе внедрена инновационная система управления процессом X MELT® FEOS, разработанная совместно фирмой SMS Siemag и Университетом федеральных вооруженных сил в Гамбурге, Германия. FEOS означает «система оптимизации энергопотребления печи» (Furnace Energy Optimizing System). Она представляет собой интегрированную замкнутую систему, оптимизирующую все материальные и энергетические потоки в электродуговой печи. Система состо-

ит из трех ступеней аппаратных средств и соответствующего программного обеспечения. Так как в интерфейсах используют только программируемые логические контроллеры, то система может быть легко внедрена на действующих печах.

Система регулирует параметры на обмотках трансформатора и дросселях, а также установку импеданса. Кроме того, она регулирует работу горелок, инжекторов кислорода для дожига, инжекторов порошкообразного угля и устройств для подачи DRI. Наряду с этим промышленные компьютеры интерфейса «человек – машина» обеспечивают возможности ана-

Год внедрения	Фирма, страна	Мощность электродуговой печи, т
2010	Peiner Träger GmbH, Германия	125
2010	ОАО «Карпинский электромашиностроительный завод» (Макси-групп), Россия	120
2009	ОАО «Таганрогский металлургический завод», Россия	135
2009	ЗАО «Форпост-Энерго», Россия	120
2009	Первоуральский новотрубный завод (ПНТЗ), Россия	120
2008	ОАО «Северский трубный завод», Россия	135
2006	Celsa Manufacturing, Великобритания, Уэльс	140
2005	Nucor Texas, США	80
2001	Kaptan Demir Celik, Турция	100

Таблица 1. Внедрение систем ARCESS

лиза, регулирования и оптимизации процесса. Имеется также внешняя система оптимизации процесса, которую применяют для исследования процесса и моделирования работы электродуговой печи с использованием накопленной базы данных.

Система ARCESS позволяет минимизировать суммарные эксплуатационные расходы, ее использование дает хорошие результаты. Прямые капиталовложения в электродуговую печь окупаются благодаря ее эффективной конструкции, ускоренному освоению и вводу в эксплуатацию, кратчайшему периоду вывода на рабочий режим и достижения гарантированной производительности. Эксплуатационные расходы снижаются благодаря максимизированной производительности, минимизированному времени от плавки до плавки, уменьшенному энергопотреблению, сокращению продолжительности простоев и максимальному использованию производственных возможностей цеха. В табл. 1 приведены заводы, на которых системы ARCESS уже внедрены или находятся в стадии сооружения.

Горячая загрузка шихты в электродуговую печь

Применение прямой загрузки горячего DRI в электродуговую печь позволяет значительно сократить расходы на сталеплавильный передел и выбросы CO₂. Фирма Midrex разработала три возможных варианта горячей загрузки DRI в электродуговую печь:

- HOTLINK®;
- транспортером;
- коробами.

Все эти варианты уже испытаны или находятся в стадии освоения (рис. 3). Каждый из этих вариантов обеспечивает сталеплавильщикам вы-

сокую производственную гибкость. Для вновь проектируемых заводов, на которых сталеплавильный цех можно разместить вблизи цеха прямого восстановления железа, лучшим решением является вариант HOTLINK® — подача DRI преимущественно под действием гравитационных сил.

Если расстояние между сталеплавильным цехом и шахтной печью менее 100 м, то возможно применение транспортера для горячей загрузки DRI. Если сталеплавильный цех удален от шахтной печи более чем на 100 м, то горячее DRI можно транспортировать в коробах, перевозимых по рельсовому пути или автомобильным транспортом.

При любом из трех указанных вариантов DRI загружают в электродуговую печь при температуре 600–700 °С. Использование в шихте электродуговой печи 100 % горячего DRI позволяет уменьшить расход электроэнергии

примерно на 20 кВт·ч / т жидкой стали для каждых 100 °С повышения температуры загрузки. Таким образом, при температуре загрузки DRI, равной 650 °С, экономия электроэнергии составит около 140 кВт·ч/т жидкой стали по сравнению с холодной загрузкой. На рис. 4 показана зависимость между температурой загрузки DRI и расходом электроэнергии.

С точки зрения охраны окружающей среды для технологической схемы прямое восстановление железа — плавка в электродуговой печи, основанной на использовании природного газа, характерны меньшие выбросы CO₂, чем для схемы доменная печь — кислородный конвертер [1 и 2]. Загрузка горячего DRI в электродуговую печь позволяет еще сократить выбросы CO₂.

Литье и прокатка тонких слэбов

В 1980-х годах фирма SMS Siemag разработала технологию с использованием литейно-прокатного агрегата CSP® (Compact Strip Production), впервые реализованную в промышленном масштабе фирмой Nucor Crawfordsville, США, в 1989 г. Технология CSP® представляет собой непрерывный процесс, в ходе которого непосредственно из жидкой стали получают тонкую и особо тонкую горячекатаную полосу (толщиной 1,0 мм и

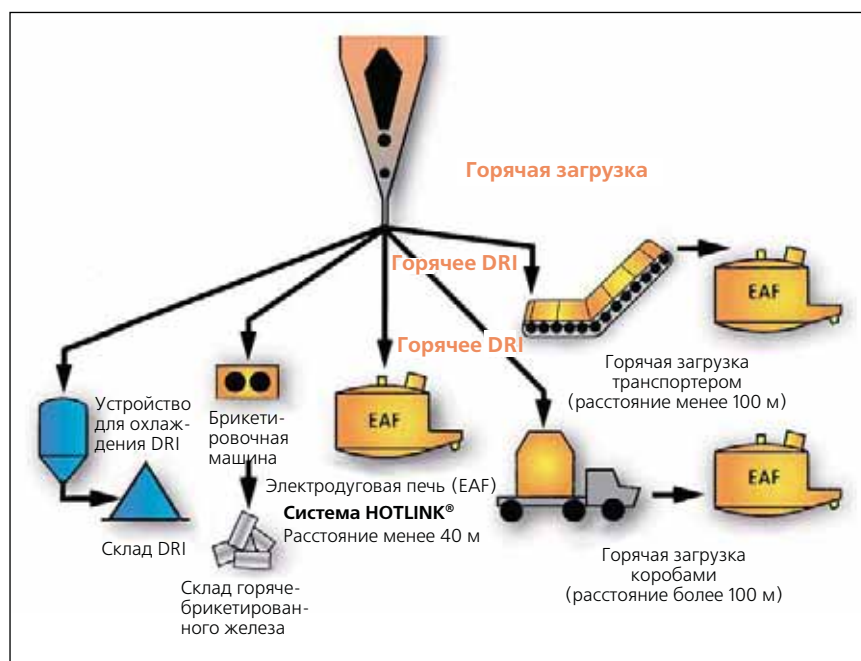


Рис. 3. Варианты разгрузки продукции в цехе прямого восстановления железа

Мощь промышленности зиждется на инновациях

Ingeteam находит
инновационные решения



Ingeteam прислушивается к нуждам заказчиков и всего общества, ищет наиболее эффективные решения в области технологических инноваций.

В промышленных отраслях мы активно занимаемся машиностроением, проектированием электротехнических устройств и автоматизацией, предлагая индивидуальные решения и разработки для конкретных нужд каждого предприятия.

Наш инженерно-технический опыт находит применение в исследованиях, разработках, производстве и сбыте продукции и услуг в тех областях, где выполняется крупномасштабный обмен энергией, таких как энергетика, металлургическая промышленность, морской сектор и сектор железнодорожного тягового транспорта.

Приглашаем посетить
наш стенд на выставке
"Металл-Экспо"
в Москве: 10-13 ноября Зал 7

Ingeteam

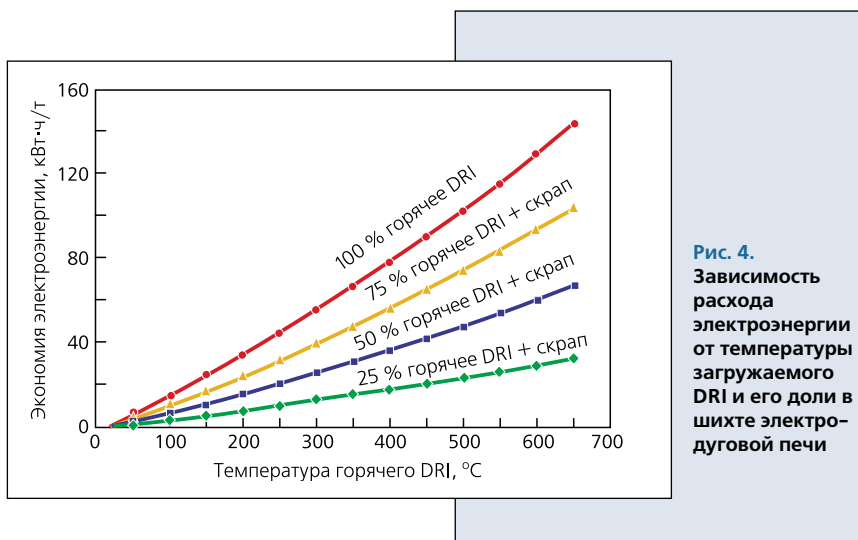


Рис. 4. Зависимость расхода электроэнергии от температуры загружаемого DRI и его доли в шихте электродуговой печи



Рис. 5. Принципиальная схема CSP-агрегата

менее) по схеме полубесконечной прокатки из слябов длиной более 260 м.

Залогом успеха новой технологии является обработка стали в заданном узком температурном интервале. Пакет технологических решений, обеспечивающих успех этого процесса, включает запатентованный кристаллизатор МНЛЗ с гидравлическим приводом механизма качания; обжатие сляба с жидкой сердцевиной; прокатку по технологии CVC plus® (с выпукло-вогнутой профилировкой рабочих валков); модели процесса, позволяющие регулировать плоскостность и толщину прокатанной полосы. Плавное регулирование параметров процесса с помощью автоматизированной системы X-Pact® обеспечивает получение высококачественной полосы.

Экономические показатели процесса CSP® значительно превосходят показатели традиционной технологии с широкополосным станом горячей прокатки: может быть достигнуто снижение энергозатрат на 70 %, производственных затрат на 25 % и капиталовложений на 50 %. В настоящее время 28 агрегатов работают по техно-

логии CSP® в странах Северной Америки, Европы, Африки и Азии, их суммарная производительность составляет около 50 млн. т/год. С использованием этой технологии получают около 10 % производимой в мире горячекатаной полосы. Фактические технико-экономические показатели большинства из этих агрегатов превосходят их проектные показатели.

После внедрения технологии CSP® фирме SMS Siemag и ее клиентам удавалось постоянно уменьшать минимальную толщину горячекатаной полосы. В настоящее время обычно стабильно прокатывают полосу толщиной менее 1,0 мм. Последним достижением в этом направлении является получение горячекатаной полосы толщиной 0,78 мм на полунепрерывном стане фирмы Lianyuan Iron & Steel Group Co. Ltd. (Lysteel), Китай.

На рис. 5 приведена принципиальная схема агрегата для литья и прокатки тонких слябов. В общем случае агрегат, работающий по технологии CSP®, включает:

- поворотный стенд (стенды) для ковшей;
- промежуточный ковш;

- качающийся кристаллизатор;
- направляющие устройства ручья;
- вытягивающие и направляющие узлы;
- маятниковую пилу;
- печь для подогрева (с распределительным устройством, позволяющим работать в две нитки);
- гидравлические ножницы, окалиносниватель и боковые роликовые направляющие;
- многоклетевой прокатный стан;
- участок ламинарного охлаждения;
- моталки.

Сортамент первого CSP-агрегата, введенного в эксплуатацию на заводе фирмы Nucor Crawfordsville, в период освоения включал только простые марки низко- и среднеуглеродистых сталей. В ходе дальнейшей работы был более полно реализован потенциал нового технологического процесса. Более равномерное распределение температуры позволяет прокатывать полосы толщиной 1,0 мм и менее. Марочный сортамент постепенно расширялся и в настоящее время включает микролегированные и кремнистые стали, а также коррозионностойкие стали ферритного класса. Новую технологию применяют также при производстве улучшенных высокопрочных сталей для автомобилестроения, включая двухфазные стали и Трип-стали.

Фирма SMS Siemag продолжает совершенствовать технологию с целью расширения марочного сортамента обрабатываемых сталей. Осваивается прокатка высокопрочных низколегированных сталей (HSLA) для внутренних деталей автомобильных кузовов. Завод в США, работающий по технологии CSP®, производит в год до 600 тыс. т стали такого назначения. В нескольких цехах, использующих технологию CSP®, за последние годы освоили производство горячекатаных полос из двухфазных и Трип-сталей с отличными механическими свойствами. Кроме того, прокатывают полосы из коррозионностойких сталей (ферритного класса) для автомобильной промышленности. Новые цехи с агрегатами CSP® намечают включение в сортамент многофазных сталей и материалов для внешней отделки автомобилей, включая особонизкоуглеродистые стали. При производстве таких сталей используют электродуго-

Повышайте качество листового проката!

Наши высокоточные рентгеновские, радиоизотопные и оптические измерительные системы для горячей и холодной прокатки листовой стали и алюминия значительно увеличат эффективность Вашей работы.

Мы специализируемся на решении задач, связанных с измерениями!

Бесконтактные измерительные системы фирмы IMS могут применяться в условиях непрерывной прокатки для определения следующих параметров:

- Толщина
- Профиль поперечного сечения
- Профиль кромок
- Плоскостность
- Параметры покрытия
- Толщина стенки трубы и эксцентриситет
- Ширина и положение материала
- Диаметр трубы
- Температура и температурный профиль по поперечному сечению
- Скорость и длина

Improve your product quality!

High precision x-ray, isotope and optical measuring systems from IMS contribute greatly to increased production efficiency in the steel, aluminum and metals industries.

Your measurement problems are our area of speciality!

IMS measuring systems are designed for online, non-contact operation in the measurements of:

- *Thickness*
- *Cross-sectional thickness profile*
- *Edge drop*
- *Manifest off-flatness*
- *Coating – metallic and organic*
- *Tube wall thickness and eccentricity*
- *Width and position of material*
- *Tube diameter*
- *Temperature and cross-sectional temperature profile*
- *Speed and length*



**Мы решим
Ваши проблемы!**

***We provide
the solutions to
your problems!***



IMS – это специалисты для профессионального сотрудничества на партнерской основе

Мы гарантируем Вам надежную работу и точность измерений.

Мы предлагаем:

- Индивидуальные консультации
- Инжиниринговые услуги
- Монтажные и пуско-наладочные работы
- Обучение
- Комплексное сервисное обслуживание
- Долгосрочное обслуживание заказчиков

Наши услуги обеспечат Вам успех!

IMS – specialists in professional and collaborative partnerships

We guarantee economic production with outstanding results when using IMS measuring systems.

We offer:

- Individual advice and consultation
- Engineering
- Installation supervision and commissioning
- Training
- After sales service
- Long term customer care

Our contribution to your success!

www.ims-gmbh.de



Система измерения профиля горячекатаной полосы
Profile measurement hot strip



Система измерения толщины холоднокатаной полосы
Thickness measuring cold strip



Система ультразвукового измерения
Ultrasonic measurement



Система измерения ширины
Width measurement



Система измерения толщины стенки труб
Tube measurement

Оптическая система измерения толщины покрытия
Coating measurement optical



Радиометрическая система измерения толщины покрытия
Coating measurement radiometrical



Система определения плоскостности полосы TopPlan
Strip flatness measurement TopPlan



IMS Messsysteme GmbH
Dieselstraße 55 • D-42579 Heiligenhaus • Germany
☎ + 49 (0) 2056 975-0 • Fax: + 49 (0) 2056 975-140
E-mail: info@ims-gmbh.de • Internet: www.ims-gmbh.de

вую печь, установку печь-ковш и вакуумную дегазацию, а также высокий процент свежих материалов в шихте. Явно выраженная тенденция на ближайшее будущее предполагает все более широкое производство сталей для автомобилестроения с использованием технологии CSP®.

Выводы

Сочетание процесса MIDREX® и технологий ARCCES и CSP® позволит металлургам снизить энергопотребление, сократить производственные расходы и обеспечить эффективное производство высококачественной горячекатаной полосы. Эти задачи могут быть решены посредством:

- эффективного получения DRI с низкими энергетическими затратами;
- загрузки DRI в электродуговую печь при температуре 600 °C и выше;
- применения электродуговых печей ARCCES усовершенствованной конструкции, с современными системами контроля и управления;
- использования преимуществ технологии CSP® прямой горячей прокатки тонких слябов.

Высокое содержание металлического железа и малое количество отходов при производстве DRI процессом MIDREX® позволяет с помощью этой технологии получать ответственные марки стали. Совместный опыт, накопленный фирмами Midrex, Kobe Steel и SMS Siemag в области проектирования, совершенствования технологии и инноваций металлургических процессов, обеспечивает им достижение технических, экономических и организационных преимуществ в мировой черной металлургии. ■

Библиографический список

- [1] Кноп, К.; Stahl u Eisen 122 (2002) № 11, р. 43–51
- [2] Kopfle, K. T.; McClelland, J. M.; Metius, G. E.; Millenium Steel (2007), р. 19–22

STEIN

INJECTION-TECHNOLOGY

ДЛЯ:
ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ
УСТАНОВОК ПЕЧЬ-КОВШ
КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРОВ
КОВШОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

ВДУВАНИЕ:
УГЛЕРОДА
ИЗВЕСТИ
ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО
ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ФИЛЬТРОВАННОЙ ПЫЛИ
СПЛАВОВ
ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОДНОЙ СМЕСИ

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ КОНВЕЙЕРНЫЕ,
ДОЗИРУЮЩИЕ И ИНЖЕКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
СИСТЕМЫ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ
НАКОПИТЕЛЬНЫЕ БУНКЕРЫ
ОБУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО
ПЕРСОНАЛА**

**STEIN Industrie-Anlagen
Hagener Straße 20–24
D-58285 Gevelsberg**

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



Технология
без
компромисса

