Внедрение технологии RH-вакуумирования стали на примере российских заводов

Россия является крупнейшим производителем стали в Европе. Острая необходимость удовлетворять жесткие требования рынка к качеству стали и экономическим показателям ее производства требует крупных инвестиций в модернизацию действующих и сооружение новых установок для рафинирования жидкой стали в ковше. Российские металлургические предприятия совместно с компанией SMS Mevac на протяжении 40 лет внедряют установки для обработки стали в ковше. В качестве примера в данной статье описаны четыре новые RH-установки, включенные в состав производственных линий различных предприятий.

Томас Айхерт, компания **SMS Mevac GmbH**, Эссен, Германия

Контакт: www.SMS-Mevac.com
E-mail: Thomas.Eichert@SMS-Mevac.com

Введение

Россия — один из крупнейших производителей стали в мире. Большим преимуществом российской черной металлургии являются низкие производственные затраты, объясняемые возможностью обеспечить отрасль всеми сырьевыми материалами из собственных ресурсов. На протяжении последних нескольких лет российские металлургические предприятия внедряли амбициозные инвестиционные проекты, направленные на оптимизацию потребления материальных ресурсов и энергии, а также на повышение качества продукции.

Начиная с 2000 г. во всем мире быстро растет спрос на сталь и особенно на те марки стали, технология которых предусматривает вакуумную обработку, например, особонизкоуглеродистые (ULC), трубные, трансформаторные и стали для автомобилестроения. Соответственно, непрерывно возрастает число вакуумных установок в России (рис. 1). К настоящему времени группа SMS построила, модернизировала или заключила контракты на строительство еще десяти дополнительных установок вакуумирования различных типов, а также семи агрегатов печь-ковш (LF) и нескольких установок для обработки стали в ковше (LTS). Всего за 40 лет совместного и успешного сотрудничества в этой области, начиная с 1972 г., в России сооружено 36 агрегатов ковшовой металлургии. В настоящее время около 30 установок для вакуумного рафинирования стали действуют на российских заводах, и наблюдается тенденция дальнейшего роста этого показателя во всем мире.

Новые проекты установок для циркуляционного вакуумирования (RH)

За период с 2007 по 2011 г. компанией SMS Mevac сооружены четыре различные установки для RH-вакуумирования на следующих российских предприятиях: ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (НТМК), ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» (ОЭМК), ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) и ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК) (табл. 1). Эти четыре металлургических предприятия накопили многолетний опыт в области использования технологии RH-вакуумирования (большинство из них — также и в области технологии парционного вакуумирования — DH). Новые RH-установки являются для каждого из этих предприятий второй или третьей установкой такого типа.

Одной общей конструктивной особенностью всех этих установок является опускание погружной трубы в ванну жидкой стали при подъеме ванны, осуществляемом посредством качающегося рычага с гидравлическим приводом и противовесом (коромысла). В России такой принцип подъема ванны очень популярен и применяется на всех вакууматорах типа DH и RH, поставленных компанией SMS Mevac. Преимущество этого варианта подъема ванны перед традиционным нижним гидроподъемником ковша заключается в том, что гидравлическое оборудование не располагается под ковшом с жидкой сталью и не может быть повреждено в случае выплеска.

Поэтому компания SMS Mevac применила принцип качающегося рычага для подъема ковша и разработала так называемую «качалку ковша». В этом варианте ковш с помощью гидравлического привода поднимается к вакуумной камере качающимся рычагом с противовесом.

Три из четырех рассматриваемых в статье RH-вакууматоров являются двухкамерными. Такие установки имеют две позиции для обработки стали в ковше, обслуживаемые двумя сталевозными транспортными тележками, но объединенные общими системами внесения легирующих добавок и создания вакуума. Основное преимущество такого варианта заключается в том, что время транспортирования ковша эффективно

GLAMA

...новые измерения
для ковки

Ковочный манипулятор GFM
грузоподъемностью до 150 т

Ковочный манипулятор GRM
грузоподъемностью до 25 т

Ковочный манипулятор GSM
грузоподъемностью до 350 т

GLAMA Maschinenbau GmbH

Hornstraße 19 D- 45964 Gladbeck / Germany
Fon + 49 (0) 2043 9738 0
Fax + 49 (0) 2043 9738 50
eMail: info@glama.de Web: www.glama.de

исключается из общей длительности цикла обработки стали в ковше. Когда обработка одного ковша завершается и вакуум сбрасывается, вакуумная система с насосом подключается к другой камере с помощью подвижного соединения.

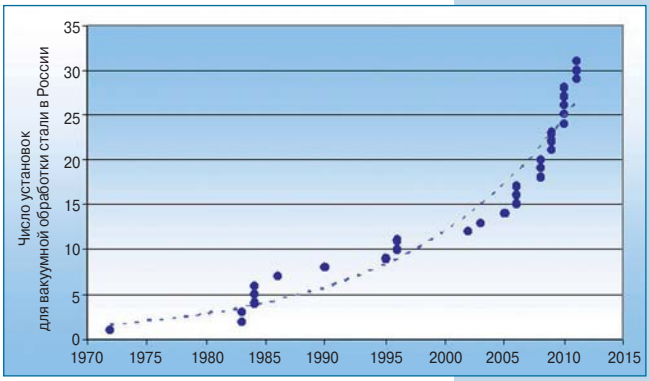


Рис. 1. Рост числа установок для вакуумной обработки стали в России за период с 1970 г. [1]

Двухкамерная RH-установка на НТМК

ОАО «Нижнетагильский металлургический комбинат» (НТМК), расположенный на Среднем Урале, является предприятием с полным металлургическим циклом, которое на 100 % контролируется группой ЕВРАЗ. Сталеплавильный передел комбината включает следующее оборудование [2]:

– четыре кислородных конвертера;
– три установки печь-ковш;
– однокамерную RH-установку;
– двухкамерную RH-установку;
– четырехручьевую блюмовую установку непрерывной разливки стали (УНРС);
– двухручьевую УНРС для литья заготовок для рельсобалочного стана;
– комбинированную блюмовую/слябовую УНРС (2/4 ручья);
– одноручьевую слябовую УНРС.

Хотя сортамент комбината включает плоский и сортовой прокат, основной продукцией являются рельсовые стали, полупродукты из трубных марок стали, а также стали для производства железнодорожных колес и бандажей [3, 4]. Учитывая огромные залежи богатых ванадием железных руд вблизи Нижнего Тагила, дополнительной продукцией комбината является обогащенный ванадием шлак, который является исходным материалом для производства феррованадия.

При номинальной массе плавки сталеплавильных агрегатов 160 т, годовой объем производства сталеплавильного цеха достигает 5 млн. т. Наиболее старый из действующих RH-вакуматоров был введен в эксплуатацию в 1996 г., а самый новый — в 2007 г. Последний имеет максимальную годовую проектную производительность 1,5 млн. т, что позволяет дополнительно подвергать вакуумной обработке треть всей выплавляемой стали. Всего в настоящее время на НТМК подвергается вакуумной обработке около 45 % выплавляемой стали.

Концепция. При сооружении новой RH-установки учтен более чем 15-летний опыт эксплуатации установок для дегазации камерного типа. Трубные марки стали, составляющие основную продукцию НТМК, обычно обрабатывают с использованием дегазации в ковше. Однако комбинат предпочел технологию «установка печь-ковш — RH-вакууматор», так как, с одной стороны, в установке печь-ковш можно надежно достигнуть требуемого содержания серы не более 0,005 %; с другой — при дегазации рельсовых сталей и других марок полуспокойных сталей технология RH предпочтительнее ввиду больших размеров вакуумной камеры, которая может работать без высокого свободного борта ковша, в отличие от ковшового вакуумирования. Это оказывает положительное влияние на показатели производительности.

Одна из причин установки двухкамерного RH-вакууматора заключалась в необходимости (в соответствии

Компания	НТМК, г. Нижний Тагил	ОЭМК, г. Старый Оскол	ММК, г. Магнитогорск	НЛМК, г.Липецк
Сталеплавильный процесс	Кислородный конвертер	Электродуговая печь	Кислородный конвертер	Кислородный конвертер
Масса плавки, т	160	160	370	320
Число установок RH	2 (двухкамерные)	3 (однокамерные)	2 (двухкамерные)	2 (двухкамерные)
Основное назначение	Дегазация	Дегазация	Дегазация	Обезуглероживание
Число плавок в сутки	27	20	17	39
Производительность RH-вакууматора, млн. т/год	1,5	1,1	2,0	4,3
Тип камеры	Блочная	Блочная	Разрезная	Блочная
Внутренний диаметр погружной трубы, мм	550	460	750	750
Тип вакуумной системы	3-ступенчатая пароэжекторная система + 4 водоструйных насоса	4-ступенчатая пароэжекторная система	3-ступенчатая пароэжекторная система + 4 водоструйных насоса	3-ступенчатая пароэжекторная система + 4 водоструйных насоса
Фурма	Многофункциональная TOP-фурма	Атмосферная горелка	Многофункциональная TOP-фурма	Многофункциональная TOP-фурма
Год размещения заказа	2005	2006	2007	2007

Таблица 1. Проекты новых RH-установок, реализуемые компанией SMS Mevac в России

с максимальной суточной производительностью) обработки в сутки минимум 27 плавок. Другой причиной стал учет негативного опыта, касающегося стойкости футеровки первого RH-вакууматора. Использование только одного стенда для обработки приводит к возможности блокирования вакууматора. Учитывая эту ситуацию, на НТМК принята концепция двухкамерного RH-вакууматора. На **рис. 2** показано принципиальное устройство нового RH-вакууматора для НТМК. Так как на этой установке предполагалась возможность обработки и особонизкоуглеродистых марок стали, то обе камеры оборудованы многофункциональными TOP-фурмами компании SMS Mevac, через которые можно либо вдувать кислород для регулирования соотношения углерод : кислород при обезуглероживающей обработке, либо использовать их в роли горелок для поддержания требуемой температуры ванны.

Основные технические характеристики этой установки приведены ниже.

Внутренний диаметр погружной трубы, мм	550
Глубина вакуума (при давлении 0,67 мбар), кг/ч	550
Максимальная производительность TOP-фурмы при вдувании кислорода, $м^3$/ч (при н. у.)	1500
Максимальное содержание водорода после дегазации, ppm	1
Минимальная производительность установки за 8-часовую смену, плавки	9

Однокамерная RH-установка на ОЭМК

ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» (ОЭМК), построенный в начале 1980-х годов, расположен на площади уникального железорудного месторождения — Курской магнитной аномалии и на 100 % принадлежит холдингу «Металлоинвест». В электродуговых печах комбината вместо скрапа используют железо прямого восстановления (DRI) — металлизованные окатыши, полученные по технологии прямого восстановления «Мидрекс» на расположенном вблизи специализированном предприятии. Это крупнейший производственный комплекс такого типа в Европе. Состав производственного оборудования сталеплавильного комплекса включает [5]:

– четыре электродуговые печи;
– три установки печь-ковш;
– три однокамерных RH-установки;
– четыре шестиручьевые сортовые УНРС;
– четырехручьевую блюмовую УНРС.

Основной продукцией являются подшипниковые стали, полуспокойные трубные стали, пружинные стали и стали для автомобилестроения [6]. При номинальной массе плавки 160 т объем производства стали на комбинате достигает 3 млн. т/год.

Сооруженные ранее компанией SMS Mevac RH-установки на ОЭМК введены в эксплуатацию в 2003 и 2004 гг. Вначале они работали по технологии DH, предложенной компанией в 1984 г. В результате поэтапной модернизации камер, систем нагрева ковшей и вакуумных насосов эти установки переведены на технологию RH. Новая установка RH-вакуумирования, введенная в эксплуатацию в 2008 г., рассчитана на максимальную годовую производительность 1,1 млн. т, что позволило дополнительно обрабатывать более 30 % выплавляемой стали.

Концепция. Решение о сооружении на ОЭМК однокамерной RH-установки принято по нескольким причинам. Во-первых, требуемая макси-

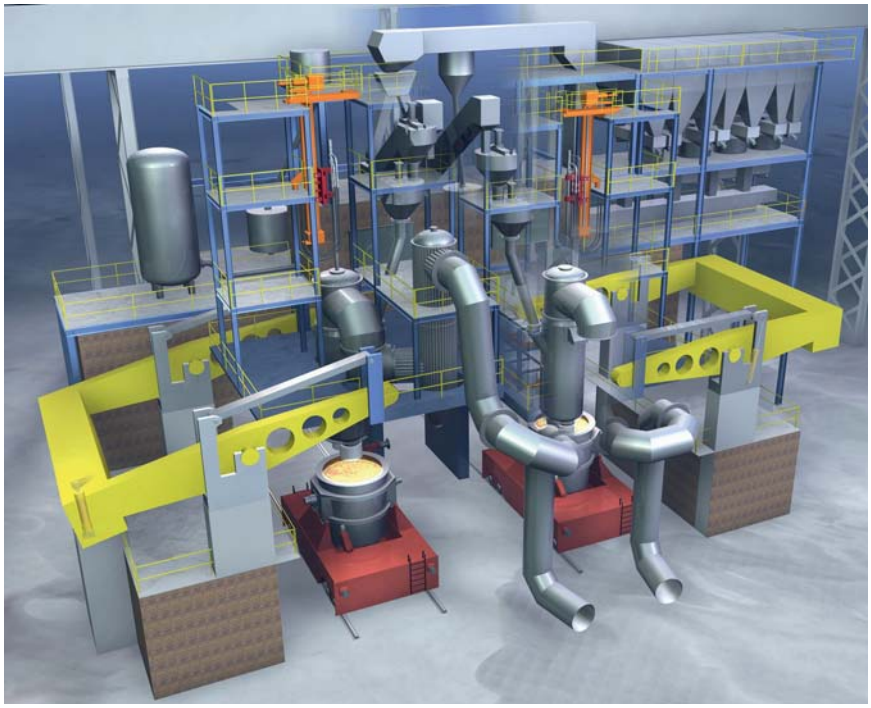


Рис. 2. Схема двухкамерной RH-установки на НТМК

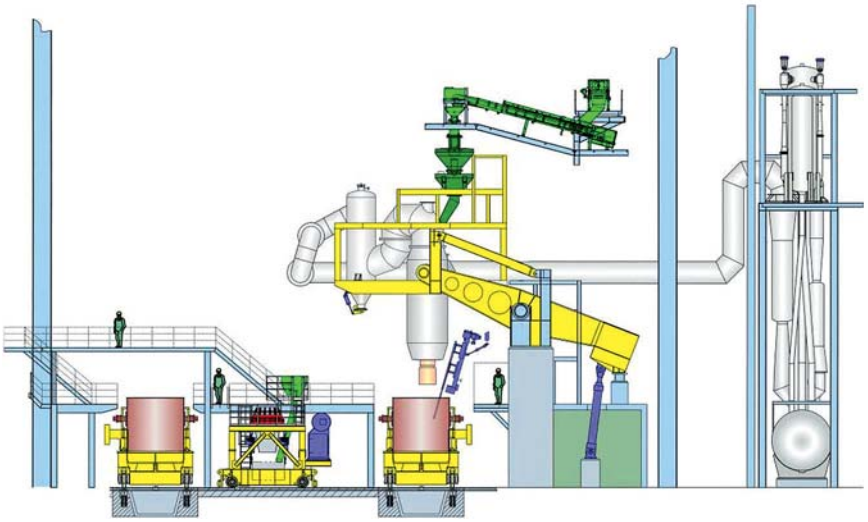


Рис. 3. Схема однокамерной RH-установки с качающимся рычагом (коромыслом)

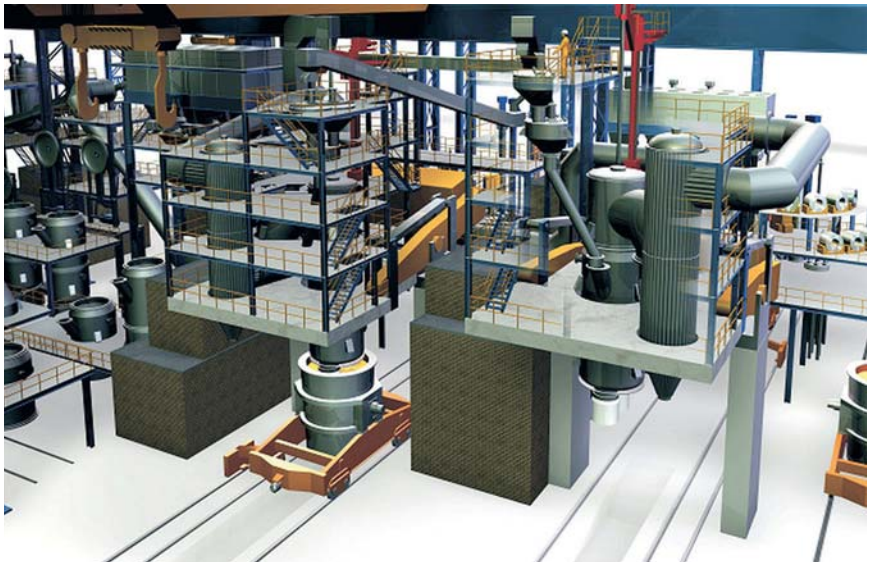


Рис. 4. Схема двухкамерной RH-установки на ММК

мальная суточная производительность этой установки была не более 20 плавок. Во-вторых, заказчик имел более чем 20-летний опыт успешной эксплуатации установки камерного типа, поэтому новая технологическая линия, ковш и его футеровка были освоены без проблем. В-третьих, альтернативная концепция ковшового вакуумирования не имела реальных преимуществ, так как основной задачей дегазации на ОЭМК являлось удаление водорода, а это легко решалось с помощью дегазаторов камерного типа.

Предпринимать особые меры для снижения содержания серы и азота от исходного высокого уровня, как в других электросталеплавильных цехах, в данном случае не требовалось, так как на ОЭМК в качестве шихты использовали металлизованные окатыши более высокой чистоты. Каждый RH-вакууматор работает в сочетании с предшествующей ему установкой печь-ковш и последующей за ним установкой для перемешивания и подачи легирующих добавок в виде проволоки. Все позиции обработки стали легко доступны для сталевозной передаточной тележки.

На **рис. 3** представлена схема однокамерного RH-вакууматора. Такая установка имеет одну позицию для обработки стали в ковше, обычно обслуживаемую одной сталевозной тележкой. Вакуумная камера связана с линией подачи легирующих добавок и вакуумным насосом. Так как эта установка предназначена только для дегазации, то она оборудована только горелкой низкого давления для нагрева емкости с металлом или для поддержания в ней заданной температуры. Смена емкости производится мостовым краном или специальным подъемником; эту операцию обычно проводят примерно через 90 мин. Для ремонта погружной трубы предусмотрена специальная тележка с манипулятором.

Основные технические характеристики этой установки приведены ниже.

Внутренний диаметр погружной трубы, мм	460
Глубина вакуума (при давлении 0,67 мбар), кг/ч	500
Содержание водорода после дегазации, ppm	Не более 1

Двухкамерная RH-установка на ММК

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК) является предприятием с полным металлургическим циклом и одним из крупнейших производителей стали в России. Состав оборудования сталеплавильного цеха комбината включает:

- три кислородных конвертера;
- две двухкамерные установки печь-ковш;
- однокамерную установку печь-ковш;
- однокамерную RH-установку;
- двухкамерную RH-установку;
- четыре одноручьевые слябовые УНРС.

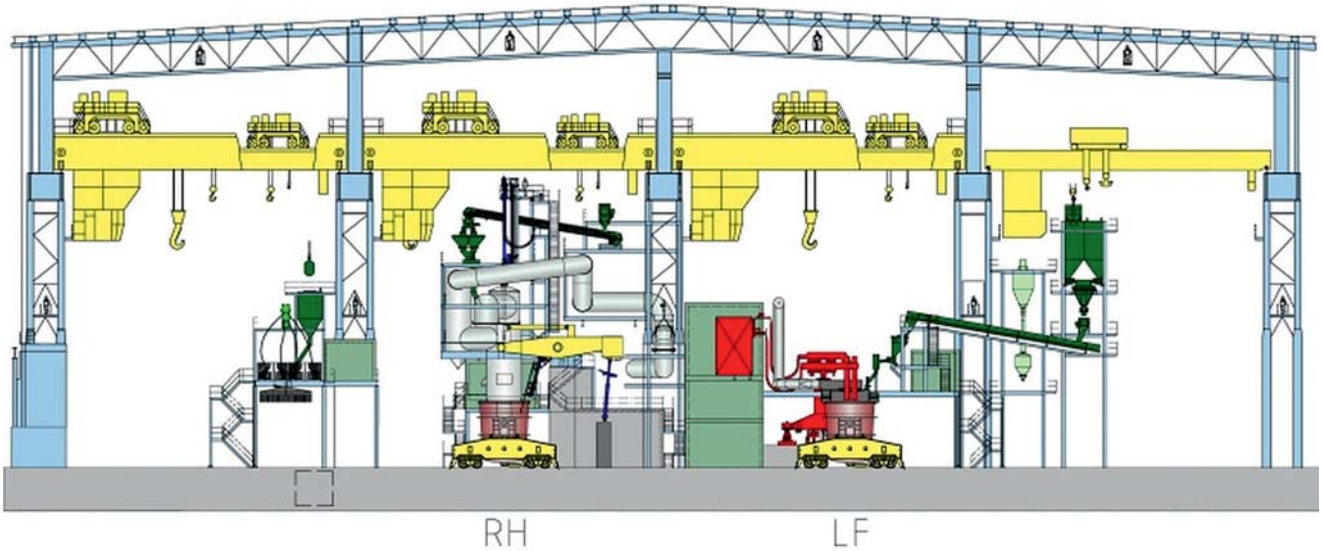


Рис. 5. Схема расположения сдвоенной установки печь-ковш и двухкамерной RH-установки на ММК

Ваша задача по измерению – наша измерительная техника

Повышайте качество Вашей продукции!

Наши высокоточные рентгеновские, радиоизотопные и оптические измерительные системы для черной и цветной металлургии значительно увеличат эффективность Ваших установок.

Мы специализируемся на решении задач, связанных с измерениями!

IMS Service LLC
Ул. Кирова 159, офис 710
454091 Челябинск
Россия

Бесконтактными измерительными системами фирмы IMS определяются в условиях непрерывной прокатки следующие параметры:

- толщина и профиль толщины
- клин и выпуклость
- утонение кромки
- плоскостность и гладкость
- ширина и положение материала
- размеры и геометрия
- дефекты кромки и дыры
- внутренние дефекты полосы
- толщина стенки трубы и эксцентриситет
- диаметр и овальность
- толщина и профиль покрытия
- температура и поперечный профиль температуры
- скорость и длина

Наши услуги – обеспечат Вам успех!

толщина

плоскостность (TopPlan)

ширина

труба

покрытие

размеры

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 пусконаладочные работы
- Обучение
- Комплексное сервисное обслуживание
- Долгосрочное обслуживание заказчиков

Мы работаем по всему миру, в Европе, Америке и Азии. Близость к нашим заказчикам способствует первоклассному сотрудничеству с поддержкой на местах при международных проектах.

IMS является Вашим партнером для инновационных разработок в промышленной измерительной технике.

На ММК сооружен дополнительный электросталеплавильный цех, выплавляющий сталь для производства длинномерного проката. Однако основной продукцией комбината являются трубные стали, а также листовой прокат средней и большой толщины. При номинальной массе плавки 370 т в кислородно-конвертерном цехе (и 180 т в электросталеплавильном цехе) блок сталеплавильных цехов имеет годовую производственную мощность до 14 млн. т нераскисленной стали.

Однокамерный RH-вакууматор был введен в эксплуатацию еще в 1996 г. [7], а двухкамерный — в 2010 г. одновременно с новой сдвоенной установкой печь-ковш, поставку которой также осуществила компания SMS Mevac.

Концепция. Двухкамерный RH-вакууматор предназначен для обработки в основном трубных марок сталей, из которых получают заготовки, поступающие на новый толстолистовой стан 5000, введенный в действие в конце 2009 г. Схема новой RH-установки показана на **рис. 4.** Так как на этой установке предполагалось обрабатывать и особонизкоуглеродистые марки сталей, то обе камеры оборудованы многофункциональными TOP-фурмами для вдувания кислорода и использования их в роли горелок.

На ММК двухкамерный RH-вакууматор и два его стенда для обработки стали расположены последовательно за сдвоенной установкой печь-ковш **(рис. 5)**. Далее расположены площадки для обработки ковшей в двух линиях. Каждая из линий обслуживается двумя сталевозными передаточными тележками; тележка может быть подана на любую позицию в соответствующей технологической линии, благодаря чему исключается промежуточное транспортирование ковшей краном.

Технология рафинирования сталей для труб магистральных трубопроводов, включающая нагрев, предварительное легирование и десульфурацию, предусматривает при необходимости вдувание порошка на установке печь-ковш. После этого ковш передают на RH-установку для дегазации и окончательного легирования, а оттуда — на стенд внепечной обработки для обработки кальцием. Если после внепечной обработки стали требуется получить особо низкое содержание серы, то рядом с установкой печь-ковш может располагаться стенд для удаления шлака.

При обработке сталей для труб магистральных трубопроводов или других марок, прокатываемых далее на толстолистовом стане, часто руководствуются другой концепцией. Для этих сталей применяют ковшовое вакуумирование, особенно в тех случаях, когда требуется получить сталь с особо низким содержанием серы. Так как на ММК имеется парк ковшей емкостью около 370 т, то для необходимого перемешивания жидкой стали в ванне и успешного протекания реакций между металлом и шлаком требуются минимум три пористые пробки. Однако ковши комбината оснащены только двумя шиберными затворами, и потому для пористых пробок доступны только два квадранта.

Тем не менее оборудование технологической линии с двухкамерным RH-вакууматором позволяет выполнять дегазацию всех трубных марок стали. При этом исключаются такие недостатки дегазации в ковшовом вакууматоре, как высокий свободный борт, повышенная эрозия ковша, большие потери температуры, более короткая продожительность цикла и др. Кроме того, RH-установка обеспечивает возможность получения стали с особо низким содержанием углерода, если это потребуется в будущем.

Основные технические характеристики этой установки приведены ниже.

Внутренний диаметр погружной трубы, мм	750
Глубина вакуума (при давлении 0,67 мбар), кг/ч	1200
Максимальная производительность TOP-фурмы при вдувании кислорода, $м^3$/ч (при н. у.)	3800
Содержание водорода после дегазации, ppm	Не более 1,5
Содержание азота после дегазации, ppm	Не более 50
Содержание углерода после декарбюризации, ppm	Не более 20

UELZENER
компетентность в смешивании и подаче

Estromat 850 со стрелой в работе

ESTROMAT 850
Смешивание и заливка огнеупорных материалов

СИЛОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФИРМЫ UELZENER

ESTROMAT 426
Смешивание и мокрое торкретирование огнеупорных материалов для ремонта промежуточного ковша

UELZENER T115 Сухое торкретирование для проведения «горячего» ремонта электропечей и конвертеров

UELZENER Maschinen GmbH
Stahlstrasse 26 -28, D- 65428 Rüsselsheim
Tel.: +49-6142 177 680
contact@uelzener-ums.de
www.uelzener-ums.de

Рис. 6. Схема двухкамерной RH-установки на НЛМК

Двухкамерная RH-установка на НЛМК

Обеспечивая около 15 % общего производства стали в России, ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК) является третьим крупнейшим российским производителем стали. Основные производственные мощности комбината расположены в г. Липецке. Технологические линии двух кислородно-конвертерных цехов включают следующее оборудование:

- три 180-тонных кислородных конвертера в цехе № 1;
- три одноковшовые установки печь-ковш;
- однокамерную RH-установку;
- две двухручьевые слябовые УНРС;
- три 320-тонных кислородных конвертера в цехе № 2;
- две одноковшовые установки печь-ковш;
- двухкамерную RH-установку;
- три двухручьевые слябовые УНРС.

Основным видом плоского проката в сортаменте НЛМК является горяче- и холоднокатаная полоса в рулонах, в частности, из текстурованной и нетекстурованной высококремнистой стали электротехнического назначения (трансформаторная, динамная). Комбинат удовлетворяет мировую потребность в таких сталях на 9 %, их доля в производстве данного продукта в России составляет 75 %.

При номинальной массе плавки 320 т в кислородно-конвертерном цехе № 2 и 180 т — в цехе № 1 общая производственная мощность сталеплавильных цехов составляет до 9,4 млн. т/год нераскисленной стали. Первый 180-тонный RH-вакууматор был поставлен компанией SMS Mevac в 1985 г. и модернизирован в 2005 г. Новый RH-вакууматор № 2 компании SMS Mevac был введен в эксплуатацию в 2011 г., его минимальная годовая производительность 4,3 млн. т.

Концепция. RH-вакууматор № 2 предназначен для обработки в основном низкоуглеродистых и особонизкоуглеродистых марок сталей, включая электротехнические стали с содержанием кремния более 3 %. Для решения таких металлургических задач установка циркуляционного вакуумирования, безусловно, является оптимальным решением, так как при этом особо низкое содержание углерода может быть достигнуто в результате обработки с наименьшей затратой времени, а большое количество легирующих добавок можно внести в условиях точного контроля, используя вакуумный шлюз и вибрационный подающий механизм. Так как для достижения максимальной суточной производительности требуется обработать минимум 39 плавок, то выбрана двухкамерная схема дегазатора, аналогичная установленной на ММК. На **рис. 6** показана схема нового RH-вакууматора, камеры которого оборудованы многофункциональными TOP-фурмами.

На НЛМК двухкамерная RH-установка и два ее стенда для обработки стали располагаются непосредственно за стендом для обработки стали в ковше. После обработки в RH-вакууматоре ковши подают мостовым краном к одной из трех УНРС для отливки слябов. Каждая из двух линий обработки обслуживается одной сталевозной транспортной тележкой для перемещения ковшей.

Установки печь-ковш размещаются в пролете конвертеров и предназначены для рафинирования в ковше других марок стали, например трубных или судостроительных. Отсюда ковши транспортируют к RH-вакууматору для дегазации и в случае необходимости — для окончательного легирования. В заключение технологического маршрута на стенде для обработки стали в ковше в металл вносят кальций и добавляют изолирующий материал. Плавки, требующие небольшой внепечной обработки или только обезуглероживания, обычно подают сразу на RH-установку.

Основные технические характеристики установки приведены ниже.

Внутренний диаметр погружной трубы, мм	750
Глубина вакуума (при давлении 0,67 мбар), кг/ч	1150
Максимальная производительность TOP-фурмы при вдувании кислорода, $м^3$/ч (при н. у.)	3200
Содержание водорода после дегазации, ppm	Не более 1,5
Содержание углерода после декарбюризации, ppm	Не более 15

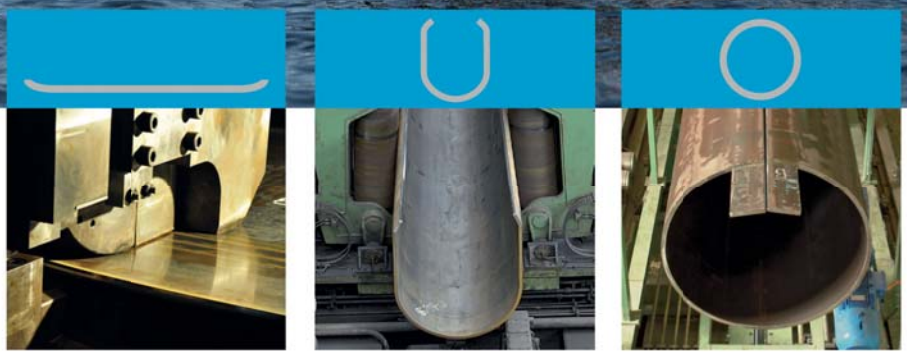
Сравнительная характеристика RH-установок

В то время как в сталеплавильных цехах НТМК, ММК и НЛМК, использующих технологическую схему с кислородными конвертерами, применили двухкамерные RH-вакууматоры, в сталеплавильном цехе ОЭМК с электродуговыми печами установили однокамерный RH-вакууматор.

Siempelkamp

Maschinen- und Anlagenbau

НАДЕЖНОСТЬ, ПРОЧНОСТЬ, ТОЧНОСТЬ



Формовочные прессы для продольно-шовных сварных труб большого диаметра

ПОДГИБКА | U-ФОРМОВКА | O-ФОРМОВКА

Для производства труб большого диаметра, используемых при прокладке наземных и морских подводных трубопроводов, компания Siempelkamp предлагает формовочные прессы, развивающие усилие прессования до 720 МН.

www.siempelkamp.com

Причина этого заключается в том, что время от выпуска до выпуска плавки в кислородном конвертере составляет обычно 30–35 мин, а иногда даже менее 30 мин, т. е. меньше, чем в электродуговой печи, для которой этот показатель в настоящее время равен 45–60 мин. Такой темп работы кислородно-конвертерного цеха может поддерживать только двухкамерная RH-установка, а для темпа работы электросталеплавильного цеха достаточно однокамерной RH-установки.

Что касается решения металлургических задач, то все RH-установки с одинаковым успехом решают проблемы как дегазации (т. е. удаления водорода и азота), так и обезуглероживания. Дополнительные задачи, например регулирование температуры и химического состава, гомогенизация или нагрев металла в ванне, также могут быть решены на RH-установках всех типов. Возможность вдувания кислорода для усиления обезуглероживания или химического нагрева зависит от типа применяемой TOP-фурмы. На ОЭМК, производящем сталь высокой чистоты, обезуглероживание не требуется, а для нагрева стали достаточно возможностей установки печь-ковш. Все остальные установки оборудованы многофункциональными TOP-фурмами, которые позволяют вдувать кислород под вакуумом для интенсификации металлургических процессов.

Обычно в RH-установках используют камеры блочного типа со сварными погружными трубами. Только на ММК применена разъемная камера с раздельной верхней и нижней частями в соответствии с требованием заказчика. В этом случае также применяют сварные погружные трубы, чтобы избежать утечек и ускоренного износа огнеупоров. Внешний диаметр камеры и внутренний диаметр погружной трубы ограничены соответствующими размерами футеровки ковша. Из этого следует, что камеры или погружные трубы для ковшей одинаковой емкости могут быть разных размеров. При определении высоты камеры решающую роль играют металлургические факторы. Установки, в которых главной целью является дегазация, имеют меньшую общую высоту по сравнению с установками, где главной целью является обезуглероживание.

Производительность вакуумного насоса при различной глубине вакуума определяется массой плавки и металлургическими задачами, которые решает RH-установка. Обычно в кислородно-конвертерных цехах в насос может быть подано достаточное количество пара, чтобы обеспечить работу четырехступенчатой пароэжекторной системы, без использования водоструйного насоса. В то же время в электросталеплавильных цехах обычно испытывают недостаток пара, поэтому применяют паровые эжекторы и водоструйные насосы, благодаря чему снижается расход пара. Однако на ОЭМК применили пароэжекторную систему без водоструйных насосов (см. табл. 1). Причина заключается в том, что на этом комбинате две установки вакуумирования стали уже действовали на протяжении многих лет, а достигнутая паропроизводительность недавно была увеличена, чтобы компенсировать потребность в паре нового RH-вакууматора. В трех кислородно-конвертерных цехах других комбинатов производство пара на участке конвертеров либо недостаточно для постоянного и стабильного снабжения паром действующего оборудования и новых вакуумных установок, либо этот пар необходим для других целей, например для отопления. На ММК, чтобы обеспечить выработку достаточного количества пара хотя бы для комбинированной системы вакуумных насосов, установили паровой бойлер.

Выводы

Хотя отдельные компоненты системы циркуляционного вакуумирования к настоящему времени стандартизованы, конструкция RH-установки в целом все еще выполняется в соответствии с конкретными требованиями заказчиков, зависящими от производительности предприятия, специфики металлургических процессов, наличия и доступности исходных материалов. Сталеплавильщики России модернизируют и расширяют действующие производственные мощности, совершенствуя технологию различными путями, кроме описанных в статье проектов RH-установок. Следует упомянуть только два примера: на ОАО «Первоуральский новотрубный завод» (ПНТЗ) установлен новый ковшовый вакууматор, а на ОМЗ-Спецсталь в Санкт-Петербурге — новая установка печь-ковш и установка вакуумного кислородного обезуглероживания (VOD). ■

Библиографический список

[1] Plantfacts 2011, Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf.

[2] Kushnarev, A.V.; Tretyakov, M.A.: Continuous casting of steel at NTMK, Steel in Translation, vol. 38, April, p. 35–38, 2008.

[3] Grigorovich, K. V.; Garber, A. K.; Kushnarev, A.V.; Petrenko, Y.P.; Kostenko, I.V.: Optimizing the ladle treatment of rail steel at OAO NTMK, Steel in Translation, vol. 38, October, p. 858–863, 2008.

[4] Kromm, V.V.; Kostenko, I.V.; Kapustina, E. S.; Tkacev, A. S.: Production of pipe steel with improved properties, Steel in Translation, vol. 38, June, p. 492–494, 2008.

[5] Buchanan, S.: The rise and rise of OEMK, MBM – Metal Bulletin Monthly, vol. 359, p. 23,25; 2000.

[6] Gonsharov, V.V.; Komarov O.A.; Korsikov S.P.; Fomin V.I.: Der Einsatz eines Komplexes von Anlagen für die Nachbehandlung des flüssigen Stahls zur Einhaltung der Qualitätsparameter des Stahls, Stal, April, p. 26–27, 2007.

[7] Bodjaev, J. A.; Korneev, V. M.; Cigasov, D. N.; Burzajkin, M. V.; Samofilin S. A.: Ergebnisse der Rekonstruktion einer Anlage zur Vakuumbehandlung des flüssigen Stahls im Konverterstahlwerk des Hüttenkombinates Magnitogorsk (Russland), Stal, February, p. 39–41, 2007.