

# Применение современных промышленных роботов повышает безопасность труда в разливочном пролете

Компания Siemens VAI разрабатывает проект применения промышленных роботов на металлургических заводах, получивший название LiquiRob. Целью проекта является улучшение безопасных условий труда и повышение точности измерений технологических параметров и отбора образцов. Первые две роботизированные установки уже несколько лет работают на участках непрерывного литья сталеплавильных цехов компаний Posco, Южная Корея, и Companhia Siderurgica Paulista, Бразилия. Две другие установки действуют на заводе компании voestalpine Stahl в Линце. Первый в мире роботизированный комплекс на электродуговой печи успешно внедрен на заводе компании Riva в Нёв-Мезоне, Франция.



Рис. 1. Промышленный робот в кузнечном цехе (авторство: Kuka Robot Group)

В последние годы в черной металлургии большое внимание уделяют созданию полностью автоматизированных производственных линий с высоким уровнем надежности. Частью этого процесса является все более широкая замена ручного труда одноцелевыми специализированными манипуляторами. На машинах непрерывного литья заготовок стало обычной практикой использование манипулятора для установки защитной трубы между сталеразливочным и промежуточным ковшами. В настоящее время внедряется новое поколение оборудования, основанное на замене ручного труда на ряде операций полуавтоматическими манипуляторами. Однако основной проблемой в концепции применения одноцелевых манипуляторов является следующая: при решении каждой конкретной задачи подобного рода требуется устанавливать дополнительный манипулятор, что снижает надежность всей системы и увеличивает объем ремонтных работ. Кроме того, каждый манипулятор, работающий в автоматическом режиме, является потенциальным фактором риска, снижающим безопасность труда.

Учитывая это, компания Siemens VAI в 2004 г. успешно внедрила инновационную концепцию роботизации участка непрерывного литья [1], преследуя следующие основные цели:

- использование стандартных промышленных роботов, первоначально разработанных для автомобильной промышленности, но нашедших применение за последнее десятилетие также в литейных и металлообрабатывающих цехах и на металлургических заводах (рис. 1);
- использование холистической концепции, согласно которой один многоцелевой робот выполняет несколько операций, а несколько роботов, работающих совместно, позволяют полностью автоматизировать участок сталеплавильного цеха.

Все дальнейшие усилия по совершенствованию производства были направлены на достижение этих двух целей. Почему они так важны? Стандартные роботы обладают рядом преимуществ. С одной стороны, за период с 1960-х годов до 2009 г. в мире было продано 2,2 млн. ед. промышленных роботов, а общий парк промышленных роботов, действующих на предприятиях

Докт. Мартин Хиршманнер, компания voestalpine Stahl GmbH, Линц, Австрия; Иоханн Блюменшайн, Хельмут Эбнер, Манфред Хогель, Симон Пфайль, Андреас Приснер, Рожер Шайдеггер, компания Siemens VAI Metals Technologies GmbH, Линц, Австрия

Контакт: [www.siemens.com/metals](http://www.siemens.com/metals)  
E-mail: [casting.metals@siemens.com](mailto:casting.metals@siemens.com)

мира, составляет от 1 до 1,3 млн. единиц [2]. При таком большом парке действующих промышленных роботов проблемы безопасности, надежности и гибкости их применения вероятнее всего уже получили то или иное решение. Остается лишь приспособить роботы к работе в специфических условиях предприятий черной металлургии. С другой стороны, важным преимуществом является возможность воспользоваться услугами всемирной сети предприятий по обслуживанию промышленных роботов.

Цели холистической концепции были сформулированы на основании требований заказчиков, которые предпочитают использовать на предприятии однотипные роботы. Путаница в различных типах роботов может значительно усложнить организацию их экономически эффективной и безопасной работы, а также концепцию ремонтных работ. Робототехническая система LiquiRob разработана с учетом этих соображений и представляет собой комплекс различных модулей, которые можно комбинировать для решения различных задач. Все модули имеют достаточно высокие характеристики прочности и надежности для использования в черной металлургии. Компания Siemens VAI уже имеет опыт применения таких модулей на участках непрерывной разливки стали, при выплавке стали в кислородных конвертерах и электродуговых печах.

## Техническая эволюция системы LiquiRob

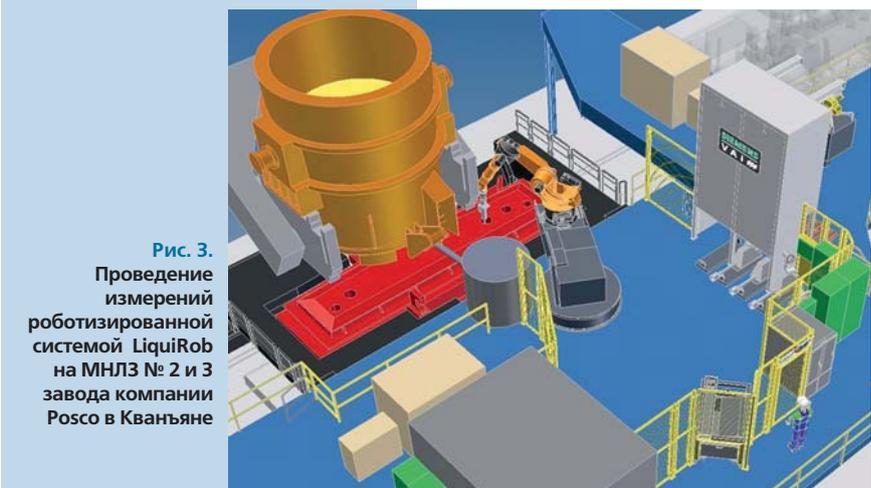
**Пример 1.** После нескольких лет исследований и лабораторных испытаний [3] была внедрена в промышленное производство первая система LiquiRob на участке непрерывного литья завода южно-корейской компании Posco в Кванъяне (рис. 2). На МНЛЗ № 2 и 3 роботы должны были выполнять измерения стали в промежуточном ковше (рис. 3), отбор проб стали в промежуточном ковше и подачу шлакообразующей смеси. Положительный опыт использования первых роботов заключается в их полной пригодности для работы в условиях горячего металлургического цеха. Компоненты системы

LiquiRob, например устройства для смены рабочих инструментов и приводные механизмы роботов, проработали в этих условиях первые три года без заметного износа. Только отдельные детали защитных кожухов

усилия разработчиков промышленных роботов должны быть сосредоточены на поиске простых решений с высокой ремонтопригодностью, в которых робот является единственным «интеллектуальным элементом».



**Рис. 2.** Роботизированная система LiquiRob на подвижном узле МНЛЗ № 2 и 3 завода компании Posco в Кванъяне, Южная Корея



**Рис. 3.** Проведение измерений роботизированной системой LiquiRob на МНЛЗ № 2 и 3 завода компании Posco в Кванъяне

роботов требовали замены примерно раз в год.

Роботы системы LiquiRob выполнили 21 тыс. измерений температуры, отобрали 9000 проб и внесли 4000 порций шлакообразующей смеси за первый год эксплуатации. На основании опыта эксплуатации роботов на предприятии в Кванъяне были сделаны следующие выводы. Во-первых, роботы отлично пригодны для работы в сталеплавильных цехах. Во-вторых, конструкция устройств для смены инструментов, приводных механизмов роботов, защитных кожухов и других компонентов достаточно надежна для применения в других металлургических цехах. В-третьих, дальнейшие

**Пример 2.** На заводе компании Usiminas Cubatão (Cosipa), Бразилия, система LiquiRob была введена в действие на МНЛЗ № 3 в апреле 2008 г., через шесть месяцев после ввода в строй такой же системы компанией Posco. Роботизированная система должна была измерять температуру и отбирать пробы стали. Система роботов выглядела почти так же, как система, применяемая на заводе в Кванъяне, однако в ней отсутствовали механизм перемещения и бункеры для шлакообразующих смесей (рис. 4). С момента пуска система LiquiRob работала вполне надежно. После аварии, во время которой система LiquiRob получила повреждения, компания

Usiminas немедленно направила компании Siemens VAI запрос о ее замене и заключила контракт на поставку нового оборудования. Установка новой системы LiquiRob была проведена во время остановки оборудования на плановый ремонт и продолжалась двое суток. Вторая роботизированная система находится в эксплуатации на заводе компании Cubatão с августа 2009 г. (рис. 5).



Рис. 4. Роботизированная система LiquiRob на МНЛЗ № 3 компании Usiminas Cubatão (на рабочей платформе, в исходном положении)



Рис. 5. Измерение температуры роботами LiquiRob на МНЛЗ № 3 компании Usiminas Cubatão

**Пример 3.** На заводе в Нёв-Мезоне компании Riva, Франция, система LiquiRob заменила действовавший полуавтоматический манипулятор на операциях технологических измерений и отбора проб.

Эта третья система LiquiRob является первой, установленной на электродуговой печи. Одной из причин использования этого роботизированного оборудования была возможность его работы в трудных условиях окружающей среды вблизи электропечи, в частности при воздействии сильных магнитных полей. Другим преимуществом была сравнительно малая

продолжительность монтажа и периода холодных испытаний с 27 декабря 2009 г. до 4 января 2010 г., когда была проведена первая плавка с использованием системы LiquiRob для измерения содержания кислорода и температуры жидкой стали (рис. 6).

Система LiquiRob подтвердила высокую надежность при работе. Доводку робота с целью улучшения охлаждения рычага и наконечника,

а также уточнение траектории подвижных частей провели на стадии пусконаладочных работ. В результате роботы выполнили поставленные перед ними задачи с уровнем работоспособности более 95 % и продолжительностью цикла менее 90 с, начиная от захвата новой кассеты, включая проверку кассеты и цикл измерения, и кончая сбросом использованной кассеты.

**Пример 4.** Четвертая роботизированная система LiquiRob установлена на двух кислородных конвертерах компании ThyssenKrupp CSA, Брази-

лия. Первая плавка с использованием системы LiquiRob была выпущена в сентябре 2010 г. Система включает два робота, которые захватывают из кассет втулки для отбора зондовых проб (пробы T, TCS и TSO) и крепят втулку к зонду (рис. 7). Система LiquiRob распознает дефектные пробы и отбрасывает их, что исключает затраты времени на ненужные измерения.

**Пример 5.** Пятая система LiquiRob установлена на МНЛЗ № 5 завода компании voestalpine Stahl в Линце, Австрия (рис. 8). Ввод этой системы в эксплуатацию состоялся в начале 2011 г. Она заменила действовавший гидравлический манипулятор для измерения температуры и отбора проб.

Так как компания voestalpine Stahl имеет большой опыт использования роботов на МНЛЗ № 6, было ясно, что и на МНЛЗ № 5 будет принято решение в пользу роботизированной системы. В функции системы LiquiRob входило измерение температуры, содержания кислорода и водорода, отбор проб стали в промежуточном ковше и продувка стали в ковше кислородом. Впервые система LiquiRob выполняла измерения содержания водорода и продувку ковша кислородом. Кроме того, на этом заводе были впервые применены кассетные зонды без датчиков и исполнительных механизмов, что сократило потребность в ремонтах и повысило уровень готовности всей системы. Особенно важной операцией стало вдувание кислорода через сопло с помощью робота. Робот извлекал отдельные сопла из кассет и устанавливал их в позицию продувки. Благодаря роботам возросла доля успешно проведенных операций продувки стали в ковше кислородом по сравнению с ручной продувкой через кислородные копы. Это преимущество было выявлено уже на стадии приемосдаточных испытаний (рис. 9).

Основные преимущества роботизации приведены ниже:

- повышение безопасности труда оператора;
- исключение ручных операций на рабочей площадке; остается только одна единица вспомогательного оборудования;
- сокращение ремонтных расходов;
- сокращение длительности цикла.

# HOLTSMANN

Maschinenbau

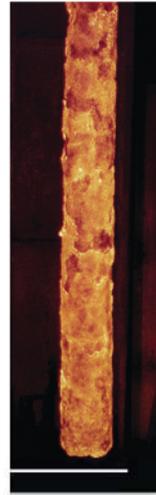


- Специальные установки для черной металлургии и алюминиевой промышленности
- Установки для удаления шлака
- Установки для разборки кладки



**HOLTSMANN**  
Maschinenbau

Bernsweg 2  
D-47445 Moers  
Tel.: +49 28 41-7 30 24  
Fax: +49 28 41-7 62 64  
info@holtmann-moers.de  
www.holtmann-moers.de



**GSB**

Good Safe Basis  
for proven products

Мы занимаемся поставками огнеупорных монолитных форм, заранее отлитых профилей, погружных труб для циркуляционного вакуумирования и гибких колен. Уникальная компетенция и обширный опыт фирмы GSB в области стальных конструкций и огнеупорных технологий позволяет ей комбинировать «лучшее из двух». Индивидуальный подход к проектам и исключительное качество продукции делают фирму GSB Вашим надежным партнером для реализации жестких требований по огнеупорам.

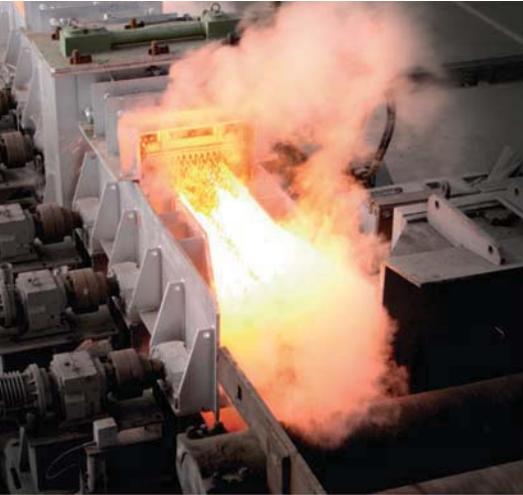
Feuerfesttechnik

**GSB**  
Group

Verschleißtechnik  
Stahlbau

GSB Group GmbH  
Flottmannstraße 57  
D-44807 Bochum  
Tel.: +49 (0)234 - 9 04 53-0  
Fax: +49 (0)234 - 9 04 53-33  
eMail: info@gsb-group.de  
Internet: www.gsb-group.de

© www.krauss-rotzoll.de



Водная гидравлика



Прессы



Приводы прессов /  
Масляная гидравлика



Металлургия-Литмаш, Трубы Россия, Алюминий / Цветные металлы 2012  
Москва, 28 – 31 мая 2012 · Номер стенда: 7 – 5 В03

**Пример 6.** Этот пример применения системы LiquiRob также относится к машине непрерывного литья на заводе компании voestalpine Stahl в Линце. Система введена в эксплуатацию 20 сентября 2011 г. и является наиболее амбициозной из всех, сооруженных до настоящего времени.

Все операции на промежуточном и сталеразливочном ковшах выполняются двумя роботами, благодаря чему МНЛЗ № 7 можно считать первым в мире литейным агрегатом без использования ручного труда (рис. 10). Система LiquiRob, действующая в зоне разливочного ковша, управляет ци-

линдрами шибберного затвора. Роботы LiquiRob выполняют автоматическое подключение ковша к энергоснабжению, подсоединение погружного станкана и скользящего цилиндра, а также размыкание шарнирного болта системы наклона ковша [4].

В зоне промежуточного ковша система LiquiRob выполняет все операции измерений и контроля (температуры, содержания водорода и кислорода, отбора проб), дозирует порошкообразные присадки, перемещает и закрепляет защитную трубу между разливочным и промежуточным ковшами, производит продувку кислородом. В настоящее время многие операции, связанные с непрерывной разливкой, все еще запускаются вручную. В противоположность этому, на МНЛЗ № 7 большая часть операций выполняется в полностью автоматическом режиме, что стало возможным благодаря применению контроллеров системы LiquiRob. Такие контроллеры используются и во всех системах, рассмотренных в предыдущих примерах, но на МНЛЗ № 7 их эффект особенно заметен.

Еще одна проблема заключается в возможности позиционирования всех компонентов, связанных с ковшом. Первое промышленное приложение подобного пакета программ позиционирования уже работает на МНЛЗ № 6 компании voestalpine Stahl в сочетании с манипулятором защитной трубы между разливочным и промежуточным ковшами. Разработка такой системы, включая ее адаптацию к манипулятору защитной трубы, продолжалась более трех лет; с января 2010 г. система успешно эксплуатируется.

### Концепция безопасности труда при использовании роботов на участках непрерывной разливки

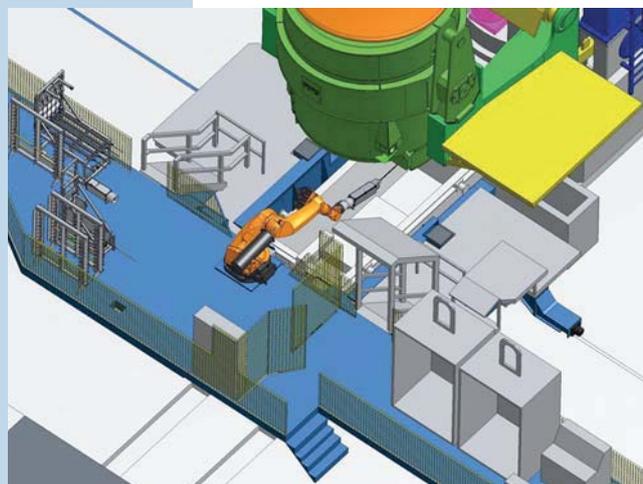
На протяжении всей истории черной металлургии работа в этой отрасли связана с факторами риска. Социальный прогресс в XX в. привел к снижению угрозы травматизма, что было достигнуто усилиями производственных работников и профсоюзов, а также благодаря совершенствованию трудового законодательства. Так как черная металлургия является интернациональной отраслью промышленности,



**Рис. 6.** Измерения содержания кислорода во время плавки в электродуговой печи роботами LiquiRob



**Рис. 7.** Отделение втулки с пробой от зонда системой LiquiRob



**Рис. 8.** Расположение системы LiquiRob на МНЛЗ № 5 завода компании voestalpine Stahl в Линце, Австрия

Абразивные отрезные станки для пакетной резки, только один пример многих возможностей фирмы BRAUN



**Репутация в мировом масштабе.**

**Технология на лезвии ножа.**



Установка зачистки под высоким давлением для заготовок и блюмов

Преимущества от «ноу-хау» и инновационные достоинства лидера в области технологий:

- Высокопроизводительные абразивно-отрезные станки (диаметр отрезных шлифовальных кругов до 2000 мм)
- Шлифовальные станки для обработки металла при высоком давлении
- Применение гибких инновационных решений для создания полностью автоматизированных линий «под ключ»

**BRAUN**<sup>®</sup>

*Innovation with Tradition*

MASCHINENFABRIK

A-4840 Vöcklabruck, Austria, Tel. +43(0)7672-72463, E-mail: office@braun.at, www.braun.at

**INDU**coder<sup>®</sup>

... Правильное положение



**НАДЕЖНЫЕ КОДИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ AWG/AWS**

СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАДЕЖНЫЕ КОДИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ

для предприятий черной металлургии, прокатных цехов, угольных шахт, строительных кранов, химической, фармацевтической и пищевой промышленности

- Дискретные датчики — 900 000 имп./об.
- Абсолютные одно- и многооборотные кодирующие устройства — программируемые SSI, INTERBUS, PROFIBUS, ETHERNET Powerlink, CANopen, Device Net, параллельные и сериальные интерфейсы
- Дублирование за счет двойных или тройных датчиков положения — комбинация дискретных датчиков эталонных значений
- Рабочие температуры от -40 °C до +200 °C

**INDU**coder Messtechnik GmbH

Kaiserstrasse 316 • 47178 Duisburg • Germany

Phone: +49 203 57047-0 • Fax: +49 203 57047-20

Internet: <http://www.inducoder.de> • Email: [info@inducoder.de](mailto:info@inducoder.de)

**Köppern**



**Мы агломерируем  
ваши ценные пыль  
и мелочь.**



Мы брикетируем, в числе прочего, отходы сталеплавильного производства, губчатое железо (горячее и холодное), хромовую руду, порошок никель, медный концентрат и другие виды мелочи.

Брикеты используют для загрузки в шахтные печи, кислородные конвертеры, печи с вращающимся подом, электродуговые печи и другие восстановительные или плавильные агрегаты.

**Köppern – качество из Германии.**

- Современная технология
- „Ноу-хау“ технологического процесса
- Высокая работоспособность
- Быстрая замена валков

[www.koepfern.de](http://www.koepfern.de)

а законы об охране труда действуют в границах лишь конкретных стран, то существуют большие отличия между стандартами безопасности в разных странах, а иногда и в разных фирмах.

Одним из краеугольных камней в этой области стало внедрение в 1989 г. первого варианта директив Европейского Союза для машиностроения (89/392/EEG) и последующих модификаций этих директив 98/37/EG и 2006/42/EG; последний из перечисленных нормативных документов вступил в силу в декабре 2009 г. Эти основополагающие нормы требуют, чтобы все механическое оборудование, реализуемое в рамках ЕС, соответствовало согласованным стандартам. Европейские стандарты безопасности можно разделить на базовые

стандарты безопасности (стандарты типа А), групповые стандарты безопасности (типа В) и технические стандарты для конкретных видов оборудования (типа С).

До 2007 г. отсутствовали стандарты типа С для цехов непрерывной разливки. Инженеры и операторы на производстве были вынуждены применять при конструировании и эксплуатации оборудования стандарты общего типа А и В, что создавало почву для разнообразных интерпретаций, а иногда и для неверных концепций, вообще игнорировавших стандарты безопасности. В результате вопросы безопасных условий труда решали по своему усмотрению конструкторы и операторы производственного оборудования.

Следующей важнейшей вехой стала публикация Европейского стандарта EN 14753:2007 «Безопасность механического оборудования — требования безопасности к оборудованию для непрерывной разливки стали». Это послужило поддержкой для инженеров, обеспечив директивное направление проектирования цехов, а для операторов производственного оборудования стало обязательным исполнение требований этого стандарта. Однако, хотя это и оказалось большим шагом вперед, первая редакция указанного стандарта была недостаточно детализирована в части, относящейся к вспомогательному оборудованию. Это касается стандартов как типа А, так и типа В.

### Пример развития концепции безопасного труда при использовании системы LiquiRob

Большим преимуществом использования промышленных роботов является наличие соответствующих стандартов типа С (EN ISO 10218-1:2006 и дополнения prEN ISO 10218-2:2008), которые определяют для разработчиков направление и рамки проектирования безопасных роботизированных систем. Кроме того, если для типовых манипуляторов разрабатывались индивидуальные решения, основанные на соблюдении требований стандартов типа А и В, то при промышленном производстве роботов имеются все возможности и необходимые условия для соблюдения стандартов безопасности. Первым этапом разработки концепции безопасности при применении роботов в черной металлургии является анализ рисков. Методика проведения такого анализа определена стандартом EN ISO 14121. Анализ предполагает определение возможного диапазона рабочих условий роботов, включая необходимый для работы инструмент. Этот анализ является частью определения граничных условий работы робота. Для решения такой задачи необходимо располагать трехмерной планировкой оборудования цеха.

Часто рабочее пространство оказывается больше, чем можно было предположить вначале. После определения габаритов машины следующим шагом является выявление опасных факторов и оценка рисков. Наиболее очевидной



Рис. 9. Система LiquiRob на МНЛЗ № 5 (продувка кислородом)

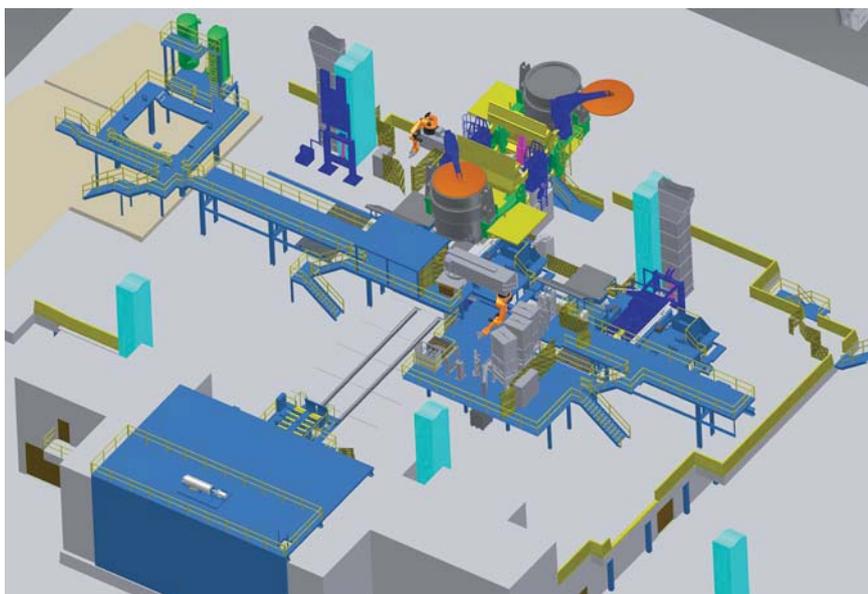


Рис. 10. Планировка МНЛЗ № 7 с двумя роботизированными системами LiquiRob на заводе компании voestalpine Stahl в Линце, Австрия



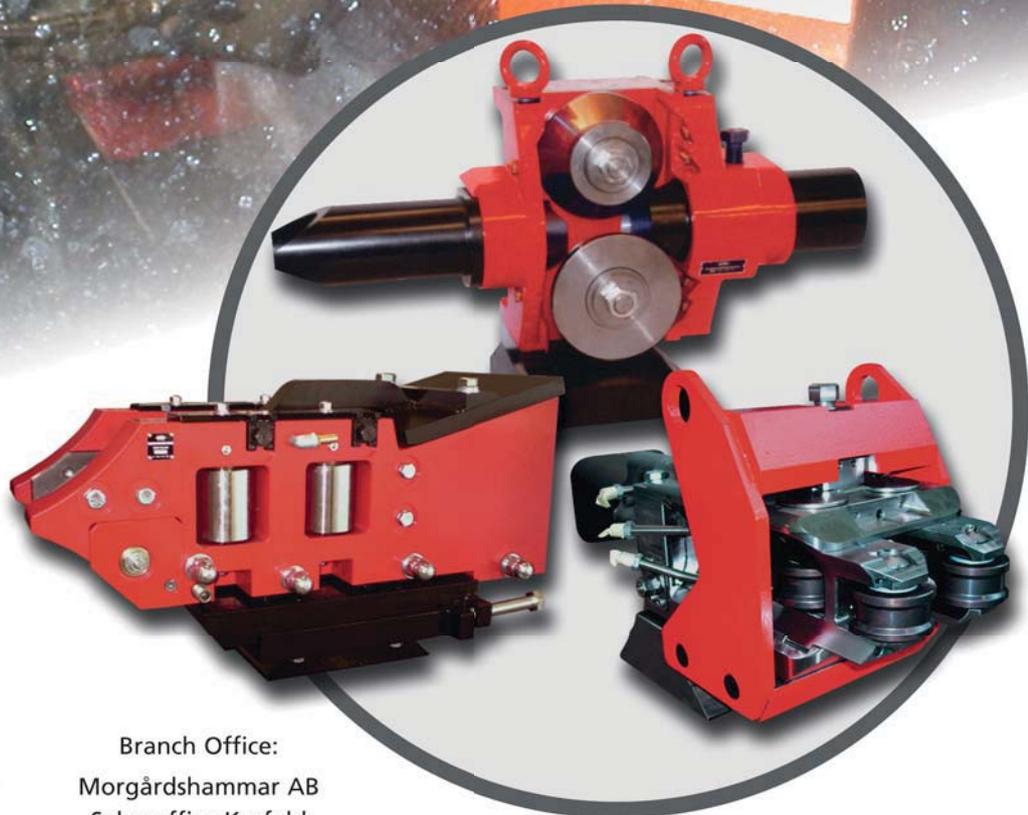
...150 years!

Любовь

К ИННОВАЦИЯМ!

Мы сильны в «ноу-хау»,  
проектировании, инжиниринге  
и обслуживании наших проводок.

Обращайтесь к нам.



**DANIELI MORGÅRDSHAMMAR**

Morgårdshammar AB  
SE-777 82 SMEDJEBACKEN, Sweden

Phone: +46 240 668500  
Fax: +46 240 668501

E-mail: [mh@morgardshammar.se](mailto:mh@morgardshammar.se)  
[www.morgardshammar.se](http://www.morgardshammar.se)

Branch Office:

Morgårdshammar AB  
Sales office Krefeld

P.O. Box 101552  
D-47715 KREFELD, Germany

Phone: +49 2151 81290  
Fax: +49 2151 611795

E-mail: [office@mh-guides.de](mailto:office@mh-guides.de)



[www.mh-guides.com](http://www.mh-guides.com)

опасностью со стороны автоматически движущегося оборудования являются удары и травмы (переломы, порезы и ранения), которые могут получить рабочие. Следующим шагом после анализа рисков должна быть их оценка.

Первой мерой по сокращению опасности травмирования персонала является уменьшение рабочей зоны робота. Типовая конструкция робота предусматривает наличие механических ограничителей его перемещения, регулируемых по трем главным осям. С их помощью можно значительно уменьшить рабочую зону. Для установки предельных перемещений робота важно смоделировать его движения, чтобы проверить возможность их выполнения в рабочих условиях.

Следующим этапом конструирования является разработка зон безопасности, т. е. определение мест размещения ограждений и входных проемов (дверей). Ограждения обычно должны закрывать вход персонала в опасные зоны. Их не используют для уменьшения рабочей зоны робота. Однако возможны также ограждения, защищающие рабочих от удара роботом, движущимся на полной скорости. Следующий шаг — разработка систем блокировки дверей, кодов их открывания и т. п., согласно стандарту ISO 13849. В этом случае выбор стандартных роботов удобен для производителей, так как соответствующие системы контроля и блокировки уже оговорены стандартом ISO 101218, а необходимые функции обеспечения безопасности уже включены в схему управления роботом.

В некоторых конкретных случаях бывает недостаточно ограничивать движения механическими конечными выключателями и установленными ограждениями. Тогда в систему управления роботом вносятся расширенные функции ограничения опасных перемещений. Для этого применяется гибкая методика разделения площадей на участки, где робот может безопасно работать, и выделения участков, где его работа недопустима. На последних участках должно быть предусмотрено переключение программ управления роботом в соответствии с рабочим циклом производственного процесса.

Роботы, поставляемые компанией Kuka, поступают с пакетом программ, в котором предусмотрены все устройства безопасности и циклы их контрольных проверок, согласно стандарту ISO 13849. В этом случае также необходимо использовать моделирование перемещений робота для ограничения допустимой зоны.

Описанный подход к этой проблеме позволяет уменьшить риск механического травматизма рабочего персонала подвижными промышленными роботами с автоматическим управлением до адекватного уровня. Имеются также другие опасные факторы, связанные с установкой манипуляторов на металлургических заводах, которые должны быть учтены при оценке рисков и в процессе проведения мероприятий по их уменьшению. Весь процесс оценки рисков и снижения их уровня оговорен нормативным документом EN 14753, а отдельные стадии этого процесса детализованы в других стандартах. В стандарте безопасности для МНЛЗ недостаточно детально рассмотрены вопросы, связанные с выбором решений, которые позволяют уменьшить конкретные риски. Например, отсутствует детальная спецификация для открывания ковша или выполнения других опасных операций. Другой пример: предусмотрено определение уровня работоспособности системы управления манипулятором защитного кожуха, но подходящая конструкция такого манипулятора с ручным управлением все еще должна выбираться в процессе оценки рисков.

Весьма вероятно, что последующие редакции стандартов безопасности МНЛЗ установят более конкретные требования для механического оборудования и технологических операций. Возможно, в них будут включены также правила использования манипуляторов или роботов на определенных операциях. Внедрение полностью роботизированных решений может даже понизить требования безопасности к остальным компонентам механического оборудования, так как более всеобъемлющие комплексные решения смогут исключить необходимость для обслуживающего персонала входить в любые опасные зоны.

## Выводы и перспективы

Компания Siemens VAI успешно внедрила несколько роботов LiquiRob на машинах непрерывного литья, электродуговых печах и кислородных конвертерах. На протяжении последних нескольких лет работы по совершенствованию этих систем были направлены на создание роботов, требующих, по возможности, минимального объема ремонтных работ, но соответствующих концепции полной автоматизации операций. Стандарты безопасности, подобные EN 14753 и ISO 10218, становятся неотъемлемой частью процесса конструирования всех типов промышленных роботов. В этом контексте промышленные роботы обеспечивают большие преимущества по сравнению с вынужденными решениями, которые можно было применить прежде. Освоенные функции позволяют широко применять систему LiquiRob для выполнения разнообразных операций. В будущем можно ожидать применения на заводах черной металлургии все более сложных роботизированных систем; в то же время стандарты, определяющие требования к этим системам, станут еще более детализованными. ■

## Благодарности

Данная работа выполнена при финансовой поддержке агентства Austrian Research Promotion Agency FFG.

## Библиографический список

- [1] Wimmer, F. et al.: A Major Step Ahead in Caster Safety with Extensive Use of Robotics in Continuous Casting Technology; CCR'04; June 14–15, 2004; Linz, Austria.
- [2] IFR Statistical Department: World Robotics 2010 Industrial Robots; Statistics, Market Analysis, Forecasts and Case Studies; 2010.
- [3] Penn, J. et al.: LiquiRob — A new answer for caster safety; Continuous Casting Conference CCC'08; May 26–27, 2008; Linz, Austria.
- [4] Lederer, W.; Boisdequin, V.: Pfannenschieber für den Betrieb mit Industrieroboter auf der Stranggiessbühne; Vortrag zur 177. Stahlwerksausschusssitzung; 15 October 2010.