

Непрерывное литье блюмов с мягким динамическим обжатием на заводе фирмы Posco, Корея



Рис. 1. Разливочная площадка новой трехручьевой машины непрерывного литья блюмов

Трехручьевая машина непрерывного литья блюмов с размерами поперечного сечения 400×500 мм установлена на заводе Pohang фирмы Posco. В результате этого фирмы SMS Concast и Posco достигли прогресса во внедрении технологии литья с мягким механическим обжатием, повысив воспроизводимость рабочих режимов. Используемая в режиме «он-лайн» динамическая модель кристаллизации позволяет добиться полностью автоматизированного управления сложным процессом мягкого обжатия литой заготовки.

В статье рассмотрены результаты промышленной эксплуатации машины непрерывного литья блюмов.

Кристиано Терчелли, руководитель отдела металлургии и технологии; Джакомо Дисаро, металлург; Андрэ Диттман, руководитель пресс-бюро; Антонио Сгро, руководитель объединения литейщиков, фирма **SMS Concast AG**, Цюрих, Швейцария; Дай-Вук Янг, начальник производства цеха непрерывного литья № 1, фирма **Posco**, Поханг, Южная Корея

Контакт: www.sms-concast.ch

E-mail: cristiano.tercelli@sms-concast.ch

Крупнейший в Южной Корее производитель стали — фирма Posco продолжает совершенствовать технологический процесс, всегда сохраняя в роли главного приоритета качество получаемой продукции. Вопросам качества уделялось максимальное внимание и на начальных стадиях проектирования новой МНЛЗ фирмы SMS Concast. МНЛЗ была установлена в цехе непрерывного литья № 1 завода фирмы Posco в Поханге. Новая трехручьевая МНЛЗ для литья блюмов проектной производительностью 1,1 млн. т/год (рис. 1) предназначена для разливки преимущественно высококачественных углеродистых конструкционных, легированных конструкционных, подшипниковых, пружинных, трубных сталей, а также сталей для холодной высадки. Основные цели, на решение которых был направлен этот проект, состоят в следующем:

- улучшить технологический процесс и повысить качество металла в осевой зоне заготовки благодаря использованию оборудования с новой автоматизированной системой динамического регулирования мягкого обжатия;
- улучшить качество готовой продукции путем увеличения размеров поперечного сечения блюмов с 250×330 мм до 400×500 мм и соот-

ветствующего увеличения суммарного обжатия;

- обеспечить заготовкой новый блюминг, который поставляет высококачественные катаные заготовки на внешний рынок или для прокатки на собственном сортовом стане.

Точность соблюдения технологических параметров и их воспроизводимость были оптимизированы до малейших деталей. Весь комплекс технических инноваций был использован на стадии проектирования и внедрен при сооружении МНЛЗ и вводе ее в действие. При разработке проекта всей машины и отдельных ее узлов и деталей исходили из задач повышения качества продукции и производительности, для чего применяли новейшие конструктивные и технологические решения, а также современные системы автоматизации и управления процессом (табл. 1). Увеличенные размеры поперечного сечения литой заготовки, а также большой радиус изгиба заготовки на МНЛЗ улучшают флотацию включений и осевую сегрегацию, а также создают предпосылки для увеличения суммарной степени деформации и получения горячекатаных заготовок высокого качества.

Наиболее критической зоной в кристаллизаторе является мениск жидкой стали, который оказывает не-

посредственное влияние на качество поверхности и подповерхностного слоя металла. Зеркало жидкой стали поддерживают на постоянном по высоте уровне. Электромеханический регулятор стопора в сочетании с системой контроля с помощью вихревых токов уровня стали обеспечивают поддержание высоты зеркала с точностью $\pm 0,5$ мм. Сталь поступает в кристаллизатор через многоканальный погружной стакан, позволяющий добиться полной герметизации и изоляции струи.

Каждый ручей оборудован пластинчатым кристаллизатором и двумя перемешивающими устройствами, одно из которых перемешивает металл в кристаллизаторе, а другое — в ручье. Перемешивающие устройства позволяют повысить класс горячекатаных блюмов по классификации стандарта ASTM E-381 и подготовить жидкую сердцевину блюма к мягкому обжатию, облегчая выполнение этой операции. В то время как МНЛЗ для литья блюмов, оборудованные электромагнитными перемешивателями металла в кристаллизаторе, позволяют получать заготовки класса 2 по стандарту ASTM E-381, удовлетворяющие требованиям многих заказчиков, электромагнитные перемешиватели металла в ручье влияют на качество металла в осевой зоне литой заготовки, способствуя общему снижению сегрегации.

С целью оптимизации процесса затвердевания жидкой стали пластинчатый кристаллизатор (рис. 2) имеет жесткую конструкцию, предусматривающую возможность обновления пластин. Уровень стали в кристаллизаторе постоянно контролируют посредством вихретоковых датчиков EMLI, которые обеспечивают большую точность и безопасность работы, чем обычно применяемые радиоактивные датчики.

Резонансная система качания кристаллизатора (рис. 3) позволяет исключить традиционно применяемое вращательное движение между приводом механизма качания и массой кристаллизатора, причем масса качания уменьшена по сравнению с традиционной. Каждая стойка (из двух, имеющих на каждом ручье МНЛЗ) имеет собственный гидравлический привод и входную рессорную систему. Конструкция этой системы обеспечивает повышенную точность направления

Таблица 1.
Основные конструктивные и технологические параметры МНЛЗ-1

Сечение литой заготовки, мм	400×500
Скорость разливки, м/мин (макс.)	0,7
Средняя масса плавки, т	106
Время от выпуска до выпуска плавки, мин	40
Время переналадки ручьев, мин	110
Время замены сегментов кристаллизатора, мин	60
Радиус МНЛЗ, м	16,5
Регулирование положения промежуточного ковша	Четыре цилиндра
Рабочий уровень промежуточного ковша	30 т при 750 мм
Регулирование температуры промежуточного ковша	Плазменный нагреватель
Контроль уровня стали в кристаллизаторе	Вихретоковый датчик
Перемешивающее устройство кристаллизатора	0–10 Гц, 0–600 А
Перемешивающее устройство ручьев	1–10 Гц, 0–800 А

Рис. 2.
Пластинчатый кристаллизатор, обеспечивающий лучшее перемешивание стали



металла по сравнению с традиционными системами качания. При этом возможно повышение частоты качания и надежное сокращение амплитуды, в результате чего на поверхности заготовки могут быть получены гармонизированные и менее глубокие отпечатки от качания. Такая система позволяет уменьшить трение между стальной гильзой с жидкой сердцевиной и стенками кристаллизатора, в результате чего обеспечиваются такие эксплуатационные преимущества, как увеличение срока службы кристаллизатора и сокращение объема ремонтных работ.

Вторичное охлаждение регулируют с помощью семи регулировочных схем применительно к различным режимам литья. В первой зоне используют только водяное охлаждение, а остальные шесть зон оборудованы форсунками для распыления водовоздушной смеси. Гильза поддерживается рядом сегментов с водоохлаждае-

мыми роликами. Сегменты оснащены следующими устройствами:

- форсунками для распыления водовоздушной смеси;
- соединительными шинами в системах подачи воды, масла и воздуха, позволяющими производить быструю замену сегментов;
- роликовыми подшипниками со смазкой масляным туманом на протяжении всего срока их службы.

Для извлечения или установки сегментов применяют специально спроектированную кран-балку.

Динамический автоматизированный контроль процесса мягкого обжатия

Важной особенностью новой МНЛЗ № 1 являются 11 блоков для мягкого обжатия заготовки, установ-

ленные на каждом ручье. Во всех этих блоках верхние ролики являются приводными. Зазор между роликами в каждом блоке регулируют с помощью

гидравлического механизма, который устанавливает ролики в соответствии с заданной программой позиционирования или соответственно предва-

рительно заданному давлению. Системы контроля, а также система автоматического динамического регулирования разработаны с помощью модели затвердевания металла, предложенной фирмой SMS Concast. Эта модель предполагает обжатие заготовки в тех сечениях, в которых затвердевание металла уже завершилось. В таком случае удастся минимизировать эффект сегрегации вдоль оси бьюма, который особенно негативно влияет на производство специальных марок высококачественных сталей, используемых, например, для получения подшипников, пружин или шинного корда.

Режим мягкого обжатия представляет собой ряд последовательно выполняемых небольших регулируемых ступенчатых обжатий, которые осуществляются на участке заготовки в ручье, соответствующем окончанию кристаллизации жидкой стали. Коническая полость в осевой зоне заготовки, заполненная жидкой сталью, на этом участке закрывается. Степень деформации при мягком механическом обжатии должна быть достаточной для устранения пористости и сегрегации, но в то же время не приводит к возникновению трещин в бьюмах. Обжатие носит характер ряда последовательных ступеней с небольшой степенью деформации в каждой паре роликов.

Если обжатие осуществить преждевременно, когда объем жидкой сердцевины в осевой зоне остается еще слишком большим, то напряжения, возникающие на фронте затвердевания металла, превысят критический уровень, что приведет к образованию трещин. Если же обжатие выполнить слишком поздно, то процесс становится аналогичным прокатке затвердевшего бьюма. Следовательно, осевая пористость может быть уменьшена только при выполнении обжатия после полного затвердевания металла. Такую технологию называют жестким механическим обжатием.

Одной из целей мягкого обжатия является закрытие пор, формирующихся в конце процесса кристаллизации. Осевая пористость возникает особенно при наличии протяженной квазиравновесной двухфазной зоны на заключительной стадии процесса кристаллизации. В этих случаях остающаяся жидкая сталь не заполняет

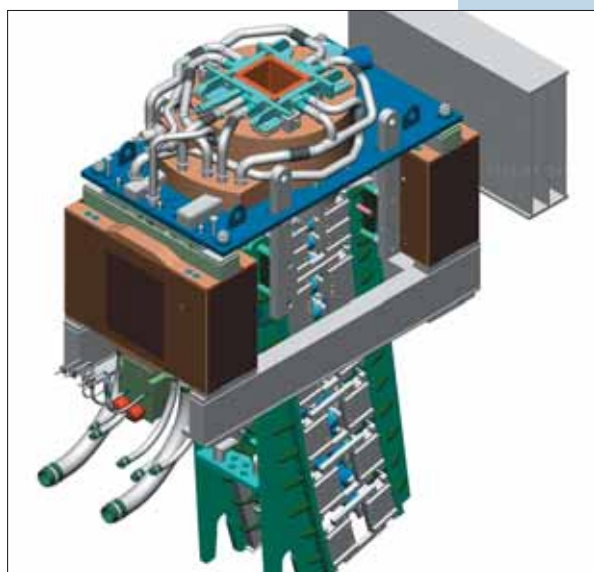


Рис. 3. Головная часть машины непрерывного литья

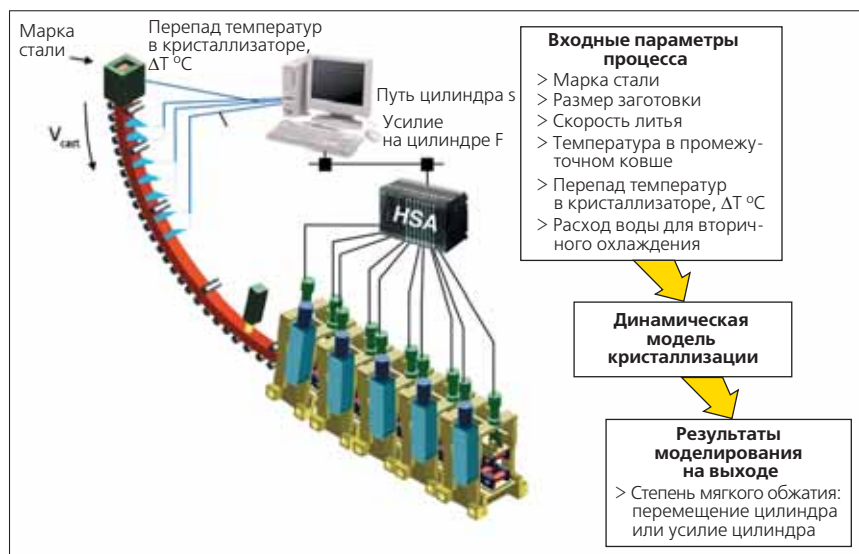


Рис. 4. Динамический расчет температурного профиля в процессе непрерывного литья

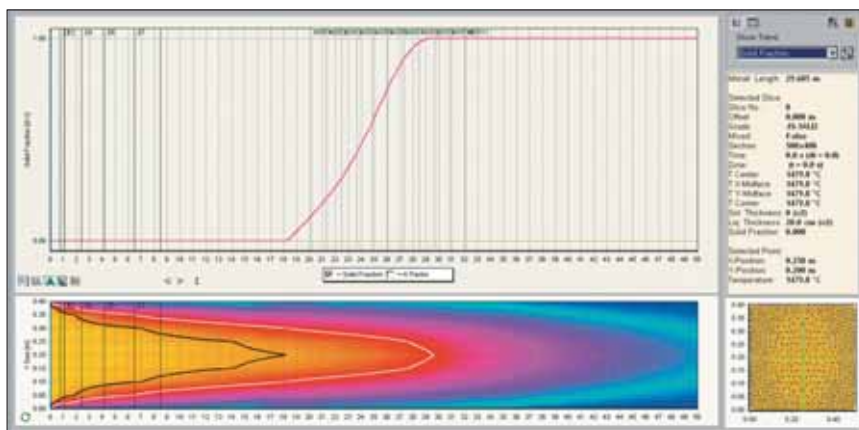


Рис. 5. Доля твердой фракции в осевой зоне бьюма, рассчитываемая непрерывно



Посетите стенд 7-5 В 10
компании Ipsen
в выставочном зале
Metallurgy-Litmash Hall 7 в
период с 25 по 27 мая 2010 г.



Термообработка от А до Я.

Контакт в Европе:
wolfram.hunold@ipsen.de · +49 2821 804-328
Контакт в США:
andrew.yazot@ipsenusa.com · +1 815 332-2578
Интернет: www.ipsen.de
Мы говорим по-русски.

Hard work wins 



промежутки в междендритном пространстве.

При мягком обжатии сжимается конус жидкого металла, остающийся на последней стадии кристаллизации, что уменьшает осевую пористость и способствует улучшению сплошности металла в осевой зоне. Другой целью мягкого обжатия является уменьшение сегрегации в осевой зоне, которая является серьезной проблемой, особенно при непрерывном литье блюмов из высокоуглеродистых сталей. Именно поэтому технологии мягкого обжатия отдают предпочтение перед другими вариантами.

При мягком обжатии успешно происходит разрушение междендритных перемычек, формирующихся в конической осевой зоне затвердевающей жидкой стали. Разрушенные дендриты, плавающие в квазиравновесной двухфазной зоне, выступают в роли центров кристаллизации на заключительной стадии кристаллизации. Тем самым предотвращается формирование «мини-слитков», приводящих к макросегрегации вдоль оси ручья.

При мягком динамически регулируемом обжатии реализуются три основные концепции:

- непрерывный расчет доли твердой фракции на оси блюма (рис. 4 и 5) с помощью математической модели, которая позволяет выдавать результаты расчетов в режиме «он-лайн» с высокой частотой;
- расчет степени обжатия и ее соответствия заданной величине; передача полученных результатов в виде сигналов на каждый тянущий ролик посредством специализированной системы автоматизации;
- непрерывная адаптация ступеней мягкого обжатия к меняющимся параметрам процесса.

При регулировании процесса в режиме «он-лайн» с помощью модели производят динамический расчет температурного профиля и фактической доли твердой фракции в осевой зоне блюма. По результатам расчета формируется таблица таких установочных величин межвалковых зазоров в каждом блоке тянущих роликов, которые обеспечат режим мягкого обжатия в соответствии с заданной схемой деформации, наиболее подходящей для данной марки стали. Это гарантирует приложение необходимых усилий в

каждом блоке роликов с максимальной точностью и предотвращает возникновение внутренних трещин. Полностью автоматизированная система управления позволяет контролировать осевую сегрегацию без прямого участия оператора. Испытания в производственных условиях показали, что подобный динамический подход к расчетам обжатия дает лучшие результаты с точки зрения внутренней структуры непрерывнолитых блюмов, чем использование статических таблиц режимов мягкого обжатия. Этот подход особенно эффективен при переходных режимах на разных стадиях технологического процесса непрерывного литья, когда необходимо отреагировать на изменение условий его протекания, например при переходе от одной марки стали к другой или при ступенчатом изменении скорости разлива, а также при значительных колебаниях длины или формы ванны расплавленного металла.

Каждый ролик оборудован высокоточным датчиком пространственного положения, а для управления перемещением ролика применены специализированные двухконтурные алгоритмы. Как показано на рис. 6, правильная степень мягкого обжатия в каждом сечении относительно продольной оси блюма является основным условием необходимого регулирования сегрегации в осевой зоне и предотвращения внутренних трещин, которые могут образоваться при чрезмерных обжатиях. Точность расчетов по модели кристаллизации, под-

твержденная проверкой ее корректности, является решающим фактором, обуславливающим получение достоверных результатов при использовании модели. Суммарное обжатие находится в прямой пропорциональной зависимости от показателя сегрегации (определяемого как отношение содержания углерода к содержанию углерода в эталонной плавке).

Выводы

С вводом в эксплуатацию новой машины непрерывного литья блюмов фирмы SMS Concast и Posco успешно продвинулись по пути внедрения технологии мягкого обжатия, повысив воспроизводимость результатов благодаря использованию модели процесса. Динамическая модель кристаллизации, применяемая в режиме «он-лайн», позволяет управлять сложным процессом литья с мягким обжатием без вмешательства оператора. В то же время конструкция МНЛЗ, соответствующая высоким стандартам, гарантирует соблюдение всех параметров процесса и высокую надежность работы цеха. Такие особенности, как резонансное качание кристаллизатора, система регулирования стопора и электромагнитное перемешивание, довершают характеристику технологического процесса, ориентированного на производство высококачественной продукции, и ставят его в один ряд с современными технологиями литья и получения стального проката, предназначенного для использова-

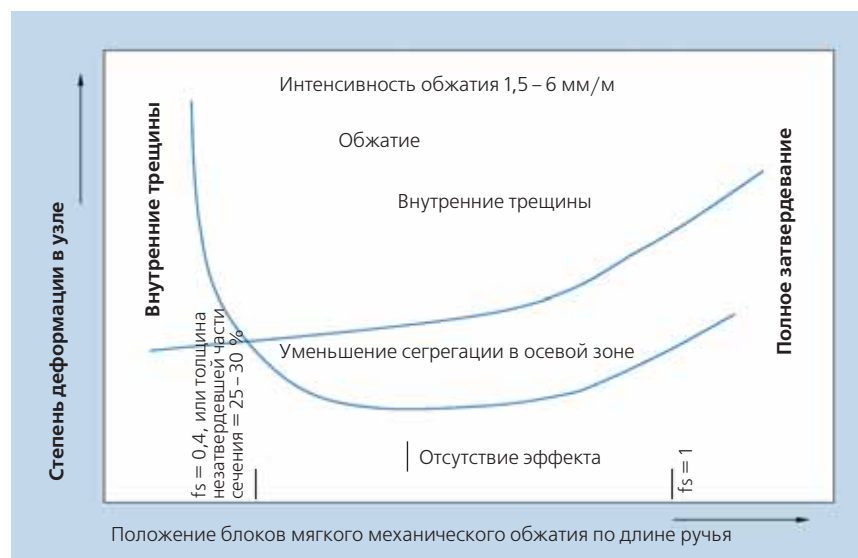


Рис. 6. Расчетная схема для регулирования мягкого обжатия в узлах тянущих роликов

КЛАПАНЫ ДЛЯ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА



Будь это подача холодного или горячего дутья, газа горения или дымовых газов, запыленных или очищенных сред, наполнение или сброс давления, смешивание или продувка, выгрузка пыли или шламов – Paul Wurth разрабатывает и поставляет **полный спектр специальных клапанов** для надёжной работы всего комплекса доменной печи.



Клапаны фирмы “Пауль Вюрт” – это результат непрерывной, самой прогрессивной инновационной работы в этой области. Это подтверждается обширным положительным опытом эксплуатации большого количества доменных печей и воздухонагревателей, построенных и вводимых в эксплуатацию

лидером по технологии производства чугуна – Paul Wurth!

Московское представительство **АО ПАУЛЬ ВЮРТ** • 1-я Тверская-Ямская ул., 23, стр. 1, офис 14 • 125047 Москва
Российская Федерация • тел.: 495 721 1553 • Факс: 495 721 1558 • pwmoscow@paulwurth.com • www.paulwurth.com

International Headquarters: **Paul Wurth S.A.**, Luxembourg
Subsidiaries: Brazil, Canada, Chile, Czech Republic, Germany, India, Italy, Korea, Mexico,
P.R. China, Russia, South Africa, Spain, Taiwan, Ukraine, United Kingdom, U.S.A., Vietnam





ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛИ

Объединенное «ноу-хау», испытанное на более чем 400 воздухонагревателях с внутренними и более чем 200 воздухонагревателях с внешними камерами сгорания.



ВДУВАНИЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Установки вдувания ПУТ эксплуатируются на более чем 60 печах в мире.



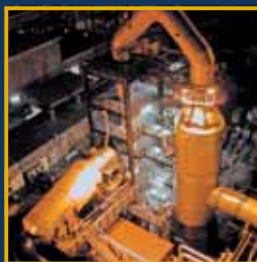
ЗАГРУЗКА ПЕЧИ

Около 500 установок бесконусной загрузки в мире на печах любого размера.



ГАЗООЧИСТКА

Около 120 установок газоочистки, разработанных для достижения наилучшей эффективности очистки, безопасности и надежности.



АВТОМАТИЗАЦИЯ

Более 20 референций поставки комплексных пакетов автоматизации для повышения надежности печи, увеличения продолжительности срока службы и улучшения безопасности.



ГРАНУЛЯЦИЯ ШЛАКА И ОБЕЗВОЖИВАНИЕ

Современные концепции, обеспечивающие наилучший контроль защиты окружающей среды, испытанные на 220 установках.



ПАУЛЬ ВЮРТ – ЛИДЕР В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА

Московское представительство АО ПАУЛЬ ВЮРТ • 1-я Тверская-Ямская ул., 23, стр. 1, офис 14 • 125047 Москва
Российская Федерация • тел.: 495 721 1553 • Факс: 495 721 1558 • pwmoscow@paulwurth.com • www.paulwurth.com

International Headquarters: **Paul Wurth S.A.**, Luxembourg
Subsidiaries: Brazil, Canada, Chile, Czech Republic, Germany, India, Italy, Korea, Mexico,
P.R. China, Russia, South Africa, Spain, Taiwan, Ukraine, United Kingdom, U.S.A., Vietnam



ния в автомобилестроении и других отраслях машиностроения.

Первая плавка на новой МНЛЗ была разлита 21 февраля 2008 г. После этого в течение всего четырех недель цех был доведен до 100%-ной проектной мощности, что соответствует 28 разливочным ковшам в сутки, или разливке в течение 21 ч/сут. Среднесуточная производительность составила 2800 т. На МНЛЗ получали блюмы в основном из стали для шинного корда с содержанием 0,82 % С. Кроме того, разливали плавки подшипниковых и пружинных сталей, а также сталей для автомобилестроения и трубного производства. МНЛЗ прошла все производственные испытания и достигла проектного уровня (относительно основных параметров) в течение двух месяцев.

Динамическое мягкое обжатие подтвердило репутацию современного технологического процесса и стало важным шагом на пути развития технологий производства высококачественной стальной продукции, пользующейся большим спросом. Эта технология эффективна не только при производстве высокоуглеродистых сталей (или как способ уменьшения сегрегации), но и более широкого марочного сортамента продукции. ■

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

