

Е.Н. Буданов (ЗАО «АВТОТЕКС», Москва)

Модернизация литейных производств арматурных отливок в странах Восточной Европы

**«Без трубы нам всем
труба совсем»,
но нет трубы без задвижки и вентиля».**
Современник, нефтегазовик

Рост спроса на высококачественные арматурные отливки предполагает модернизацию всех литейных производств и создание принципиально новых, оснащенных самым современным оборудованием на уровне технологического прорыва, что уже и происходит на ряде передовых заводов и предприятий. Данная тенденция подтверждается как опытом поставок современных автоматических формовочных линий фирмы HWS (Германия), стержневых машин и оборудования фирмы Лаэтре (Германия), так и ростом, в целом, всего объема импорта оборудования из Германии для заводов России, Казахстана и Украины.

Следует особо отметить, что проблема производства отливок, а тем более качественных, будет затрагивать самые разные отрасли реальной экономики. Ситуация острого дефицита арматурных отливок аналогична проблемам с железнодорожными отливками 2002–2004 гг. Тогда, например, фирмой Лаэтре в срочном порядке было поставлено и запущено в производство около 15 стержневых машин на Кременчугском сталелитейном заводе, «Промтрактор–Промлите» (Чебоксары), Сумском «Центролите» для производства стержней, всего только для двух наименований отливок – «рама» и «балка», после чего проблема изготовления стержней для данных отливок была решена, и удалось локализовать кризис в железнодорожной отрасли. Кроме того, в конце 2005 г. на «Промтрактор–Промлите» уже запущена в производство линия вакуумно–пленочной формовки фирмы HWS для производства 20 т/ч все тех же стальных железнодорожных отливок («рама боковая» и «балка надрессорная»). На Сумском «Центролите» аналогичная вакуумно–пленочная линия (для производства железнодорожных отливок) находится в стадии монтажных работ (размер опок 3000х1800х500 мм). И сегодня в литейном производстве, бесспорно, лидирует завод «Промтрактор–Промлит». Но при этом необходимо помнить, что заводов по производству арматуры в 50 раз больше, чем заводов по изготовлению указанных железнодорожных отливок, а значит, и размах модернизации этих литейных производств будет на порядок выше.

В качестве аргумента в пользу модернизации можно привести макроэкономические итоги прошедшего года. Например, импорт машин и оборудования в Россию за 11 месяцев 2005 г. увеличился на 42,4% по сравнению с аналогичным периодом 2004 г. и составил 36 млрд. 107,4 млн. долл. Аналогичный рост импорта машин и оборудования, включая литейное,

был зафиксирован и в 2004 г. относительно 2003 г. Это подтверждает долговременность и устойчивость процессов модернизации производств путем активных поставок и внедрения импортного оборудования. Проценты по немецким кредитным линиям существенно уменьшились, что обеспечивает доступное финансирование проектов поставок современного литейного оборудования.

Эксперты международной консалтинговой компании AT Kearney в декабре 2005 г. подтвердили, что Россия вошла в шестерку стран, наиболее привлекательных для прямых иностранных инвестиций, хотя еще в марте Россия занимала только 11-е место. В данном рейтинге 1-е место четвертый год подряд занимает Китай. На 2-м месте Индия, которой удалось отодвинуть США на 3-е место. Великобритания подтвердила свое 4-е место. Польша неожиданно заняла 5-е место, Россия – 6-е место. Конечно, все мы рассчитывали достичь этого уровня и даже опередить Китай, а тем более Индию много лет назад, еще в начале перестройки, однако, к сожалению, экономика развивается по своим законам. Повышен интерес инвесторов вообще к рынкам в Восточной Европе – Венгрия заняла 11-е место по инвестиционной привлекательности, Чехия – 12-е, Румыния – 25-е. Западноевропейские страны наоборот частично уступили свои инвестиционные позиции. «За 2005 г. впервые в российской истории приток частного капитала превысил отток...» – сказал вице-премьер А. Жуков на совещании с членами правительства 16.01.2006 г. Реальные признаки оживления и устойчивой стабилизации макроэкономики дают дополнительные гарантии на 2006 г. для дальнейшего развития экономики и, естественно, срочной модернизации машиностроения и базового литейного производства в России и других странах Восточной Европы.

Старт модернизации литейных производств России и Украины

Перечислим немногие из заводов, которые уже осенью 2005 г. смогли быстро достичь достаточно высоких конкурентных преимуществ по сравнению с другими литейными производствами, изготавливающими аналогичные арматурные отливки:

♦ **Муромский завод трубопроводной арматуры.** Производство вентиля и задвижек диаметром от 50 до 250 мм. Способ изготовления форм – **Сейчасу–процесс** по патенту HWS (воздушный поток + прессование). Технология ПГС («сырая» песчаная смесь с бетоном). Автоматическая формовочная линия фирмы HWS и стержневые машины фирмы Лаэтре запущены в производство в октябре 2005 г. Размер опок линии 1150х950х400+50/300 мм, стальные отливки.

♦ **Благовещенский арматурный завод.** Произ-



Рис. 1. Плавильное (а) и формовочное (б) оборудование цеха ZETKAMA

водство вентилялей и задвижек диаметром от 50 до 450 мм. Технология вакуумно-пленочной формовки (V-Process). Выполняется контракт, заключенный в сентябре 2005 г., на поставку полуавтоматической формовочной линии фирмы HWS. Размер опок линии 1500x1500x900/500 мм и 1500x1500x380/300 мм, стальные отливки.

♦ **ОАО «Центролит», г. Сумы.** Производство корпусов вентилялей и задвижек диаметром от 300 до 1400 мм. Технология вакуумно-пленочной формовки (V-Process). Запущены в производство (ноябрь 2005 г.) автоматическая формовочная линия фирмы HWS и пять комплектных стержневых центров фирмы Laempe. Размер опок линии 3000x1800x500/500 мм и 3500x2500x500/750/900/1250 мм. Стальные и чугунные отливки.

На сегодняшний день Муромский завод производит примерно 12 тыс. ед. проарматуры в месяц, а Благовещенский – около 7 тыс. Следует отметить, что Сумской «Центролит» впервые на постсоветском пространстве может изготовить крупные арматурные отливки, включая DN1400, в условиях автоматизированного производства. Указанные заводы являются производителями качественных арматурных отливок на базе самого современного литейного оборудования и, возможно, будут самыми сильными конкурентами по поставкам арматуры в сборе для определенных секторов экономики (энергетика, коммунальное хозяйство, нефтегазовая промышленность, строительство, водопровод и т.д.) [1–12].

«Курганмашзавод», имея производство стальных отливок корпусов арматуры, уже с 2001 г. успешно применяет стержни, изготавливаемые Амин-процессом на стержневом автомате Laempe. Широко известное и признанное всеми покупателями на рынке арматуростроения качество отливок вентилялей и задвижек производства **«Курганмашзавода»** доказывает бесспорные преимущества модернизации литейного производства путем внедрения самых современных и высокоэффективных технологий.

Модернизация производства фирмы ZETKAMA, ПОЛЬША

Фирма ZETKAMA специализируется на изготовлении арматуры и имеет свое собственное литейное

производство в Ścinawka Średnia. Завод производит литые заготовки из серого и высокопрочного чугуна, а также из чугуна с пластинчатым графитом благодаря современным технологиям получения сплавов и формовки (рис.1). Полученные отливки (рис.2) являются базовым элементом в цепочке изготовления промышленной арматуры Zetkama, которая поступает в продажу уже после механообработки в виде готовых собранных вентилялей и задвижек как на внутренний, так и на широкий, более кредитоспособный международный рынок.

Литейный цех работает в виде профессионально созданной и отлаженной системы и включает:

- техническое бюро по проектированию моделей;
- отдел изготовления моделей из дерева и пластика;
- плавильное отделение со сдвоенной тигельной индукционной печью 2x1т и вагранкой с горячим дутьем и обогащением кислородом;
- одну автоматическую безопочную формовочную линию (форма 610x508x130–200/130–200 мм, мод. FBO III S, фирма HWS. Запатентованный способ уплотнения форм – Сейацу-процесс (воздушный поток + двухстороннее прессование);
- одну автоматическую формовочную линию, опока 1000x800x350/300 мм, формовочный автомат HSP-3D (фирма HWS) с заливочным устройством. Способ изготовления форм – Сейацу-процесс (воздушный поток + прессование);
- автоматическую систему смешивания с турбосмесителем и охладителем смеси;
- участок изготовления стержней с автоматом изготовления стержней в холодных ящиках;
- участок очистки и грунтовки отливок.

В 1998 г. на фирму ZETKAMA была поставлена первая формовочная машина FBO-III L производительностью 120 форм/час производства концерна SINTO (рис.3). Максимальная скорость изготовления одной формы без простановки стержней составляла 30 с. Машина оснащена устройством управления Siemens. Расход песка в час составил максимум 23 т/ч. В 2002 г. фирма HWS (концерн SINTO) получила и выполнила заказ на изготовление модернизированной версии FBO III S. Отличие от предыдущей модели состоит в оптимизации скорости формовки одной формы до 21,1 с без простановки стержней. Увеличена производительность до 170 форм/час. Расход песка увеличен до 33 т/ч.

Новое поколение безопочных формовочных машин фирмы HWS серии FBO, которое отлично зарекомендовало себя на фирме ZETKAMA и на других более чем 250 заводах США, Японии, Европы, отличается, прежде всего, бесспорными преимуществами, обусловленными применением новых технологий и технических решений. Так, следует обратить внимание на следующие главные 14 преимуществ, благодаря которым, безопочная формовочная машина FBO становится

ся вне конкуренции:

- линия работает на обычной формовочной смеси с обычным бетоном без дополнительных требований к смеси (в отличие от аналогов);
- компактна: 3185x3830 мм (форма 600x500 мм), 4542x5770 мм (форма 900x700 мм);
- выдает форму в сборе со стержнями, готовую к заливке;
- монтаж линии без фундамента (напольный вариант, поставка в сборе);
- горизонтальная форма существенно расширяет номенклатуру отливок;
- простота простановки любых стержней в горизонтальную форму;
- низкие начальные инвестиции (при полной комплектности);
- пескочувствительное заполнение и гидравлическое встречное прессование дают возможность производить тонкостенные отливки с глубокими карманами по самой современной технологии;
- высокая производительность (до 180 форм/ч), идеально точная форма (никакого «расширения» формы), более чистые отливки;
- возможность регулировать высоту верхней и нижней полуформ (минимальный расход смеси, универсальность, гибкость);
- быстрая смена модельной оснастки. Нет никаких болтовых соединений, простая установка модельной плиты с автоматической фиксацией;
- нижняя половина формы доступна оператору во время рабочего цикла машины для любых операций;
- легкость в настройке и управлении. Все машины оснащены сенсорными экранами (простота программирования, память всех моделей и т.д.);
- минимальное время обучения операторов.

Линия FBO эффективно работает на фирме ZETKAMA, но пока это новинка для заводов на территории бывшего СССР, поэтому целесообразно более подробно рассмотреть принцип ее работы, преимущества, планировку, типовые отливки и т.д.

Отличительной особенностью машины является ее высокая уплотняющая способность, которая обеспечивает равномерную плотность смеси даже в наиболее удаленных от вдувного канала и заблокированных выступами модели участках формы. Уникальная запатентованная система регуляции давления воздушного потока открывает широкие возможности для формов-



Рис.2. Типовые отливки и модельные плиты фирмы ZETKAMA



Рис.3, а, б. Простановка стержней на автоматической формовочной линии модели FBO в цехе фирмы ZETKAMA

ки сложных деталей с глубокими или обширными полостями. Этого было бы очень сложно добиться, используя обычные методы формообразования.

Формовочные машины серии FBO отлично зарекомендовали себя с момента их первого появления на рынке в 1991 г. Они нашли широкое применение на литейных предприятиях не только в Японии, но и на других международных рынках, например, только в США внедрено более 100 линий на базе машин FBO.

Рассмотрим технологический процесс изготовления форм на машине FBO (рис.4).

1. Установка опоки – подвижного элемента конструкции машины (опускание верхней части)

Верхняя опока опускается, чтобы поместить двухстороннюю модельную плиту между верхней и нижней опоками.

2. Поворот собранных опок в вертикальное положение

Верхняя и нижняя опоки, между которыми находится модельная плита, поворачиваются до поло-

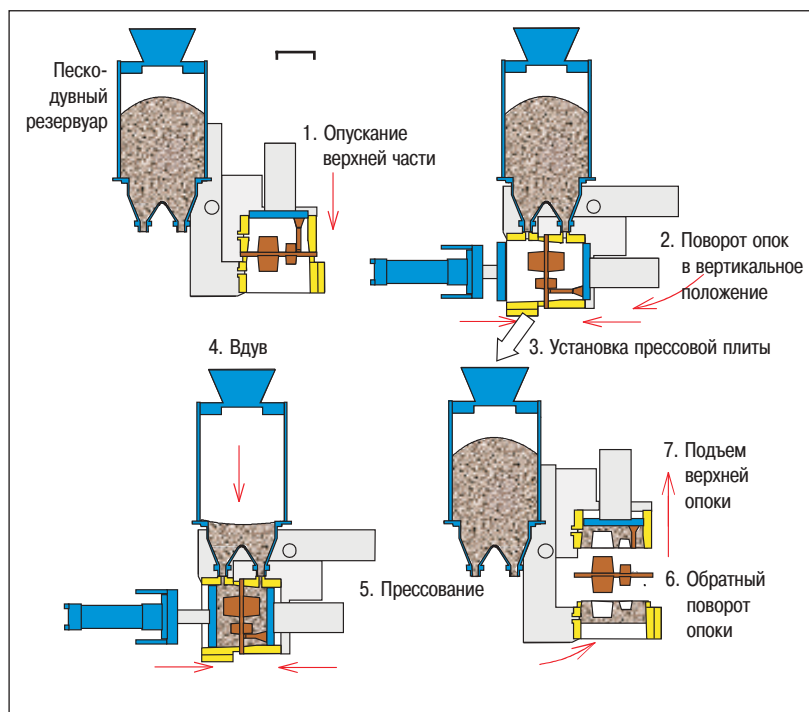


Рис.4. Техпроцесс изготовления форм на машине FBO

жения опок (верхняя + модель + нижняя) под пескодувным бункером.

3. Установка и подвод прессовых плит

После того как части опоки помещены под пескодувным резервуаром прессовые плиты занимают позицию у контрладов верхней и нижней опок. Установочная позиция прессовых плит напротив опок может быть гибко выбрана на экране блока управления для выполнения одного из 3-х вариантов (толстый, средний, тонкий) в соответствии с желаемой толщиной формы.

4. Воздушный импульс

Режим вдува (режим 1, режим 2 и режим 3) может быть выбран на экране управления. Песок подается посредством воздушного импульса, чтобы заполнить верхнюю и нижнюю опоки под желаемым регулируемым давлением. Давление регулируется контрольно-исполнительным клапаном.

5. Прессование

Когда вдув и заполнение закончены, осуществляется прессование как завершающий процесс уплотнения формы. На экране выбирается один из режимов давления (высокий, средний, низкий).

6. Обратный поворот опок

После завершения прессования верхняя и нижняя опоки с моделью внутри

возвращаются в исходную позицию с горизонтальным положением.

7. Протяжка модельной плиты

Верхняя часть опоки поднимается, верхняя часть модельной плиты отделяется от формы. Затем нижняя часть модельной плиты протягивается из нижней части формы.

Внешне формовочная машина выполняет те же функции, что и любая формовочная линия, выдавая уже готовую к заливке форму в сборе (рис.5). Общая же площадь гораздо меньше площади, занимаемой формовочной машиной традиционной опочной формовочной линии, даже с тем же размером формы. Кроме того, линия может комплектоваться транспортным конвейером или же возможно использование действующего заливочного конвейера, на который из FBO выдается готовая форма. Линия легко монтируется; она может быть установлена даже на небольших предприятиях.

Существует целый модельный ряд (рис.6) безопасных формовочных машин серии FBO.

Необходимо отметить, что изготовление сырых песчаных форм является, безусловно, самым распространенным процессом изготовления песчаных форм в мире. Конкуренцию ПГС может составить только технология «вакуум-процесс», активно внедряемая в последние годы, в том числе и на территории СНГ. Для процесса изготовления сырых песчаных форм характерное:

- высокие объемы производства;
- низкие производственные затраты;
- простота в управлении процессом.

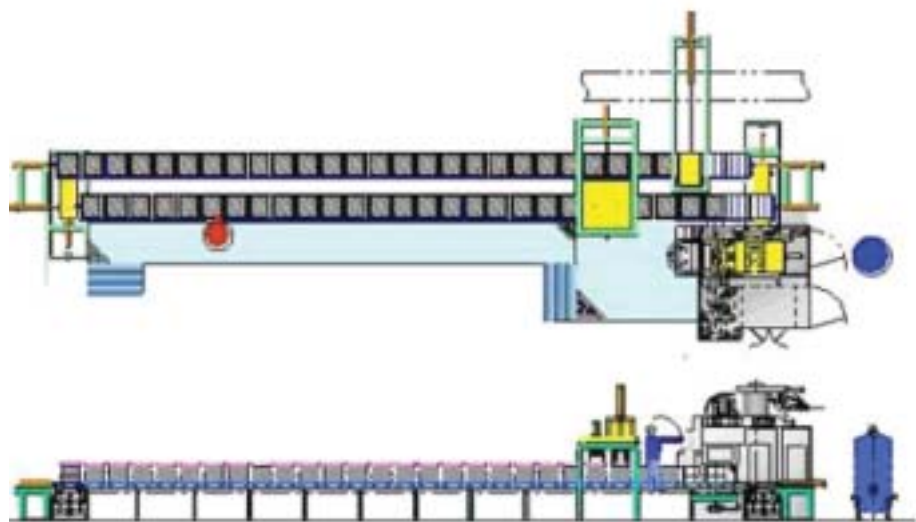


Рис.5. Схематичная планировка расположения формовочной линии FBO

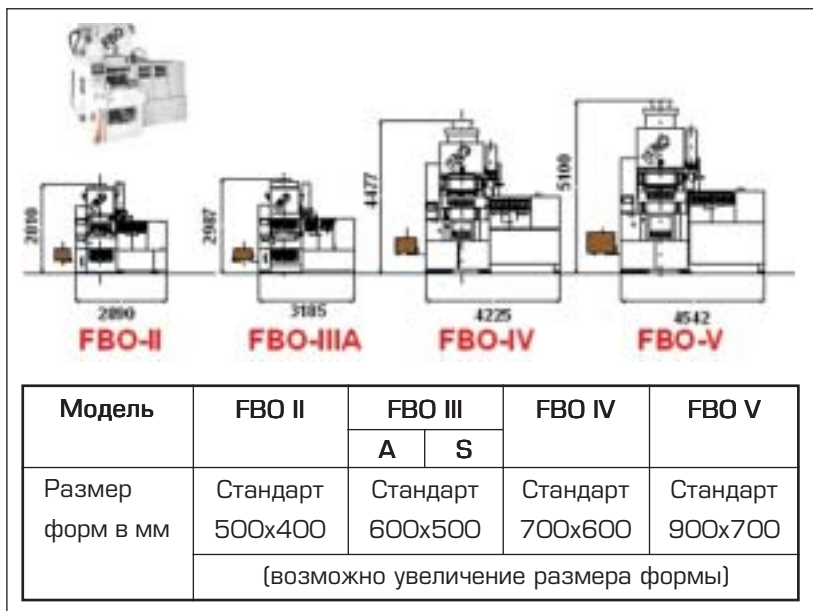


Рис.6. Модельный ряд машин FBO

В 2001 г. фирма HWS поставила на фирму ZETKAMA еще одну, но уже опочную формовочную линию с машиной HSP-3D (рис.7). Размеры опок 1000x800x300/300 мм, производительность 50 форм/час. Таким образом, после расширения производства литейный завод ZETKAMA может производить арматуру с гораздо более высоким DN, а также существенно увеличить объемы ее производства.

Автоматическая линия обеспечивает полный объем производства отливок завода ZETKAMA из серого чугуна EN-GJL-200, EN-GJL-250, из высокопрочного чугуна EN-GJS-400-15, EN-GJS-500-7, EN-GJS-400-18-LT. Вес отливок от 0,5 до 100 кг (рис.8).

Модернизация производства фирмы UZTEL, Румыния

Акционерное общество UZTEL находится в г. Плоешть, специализируется на производстве и ремонте арматуры для нефтяного оборудования (рис.9). На заводе, в современных лабораториях, обеспечивающих соответствие продукции международным стандартам ISO 9001, API6A, 6D, 10D и 11W, работает отдел контроля качества. Сертификация качества производится по согласованию с фирмами AERO Q и Germanischer Lloyd.

Литейный цех оснащен автоматической формовочной линией, современным оборудованием для контроля и автоматизации всех технологических процессов, что позволяет изготавливать отливки из различных сплавов и стали весом до 2 т. Производительность литейного цеха составляет около 6000 тонн в год.

В 1994 г. на завод UZTEL была поставлена формовочная линия фирмы HWS, машина HSP-III, работающая по технологии Сейацу (уп-

лотнение форм воздушным потоком с последующим прессованием). Размер опок 1000x800x300/300 мм. Изучение процесса Сейацу и линии компании HWS в реальных условиях производства на заводах UZTEL и ZETKAMA в сравнении с другими ранее разработанными процессами опочной формовки дополнительно подтвердило следующие преимущества при изготовлении арматурных отливок:

- ◆ Универсальность формовочного процесса Сейацу: возможность формовки любых деталей, от мельчайшего фитинга до крупного корпуса арматуры.

- ◆ Возможность регулировки уплотнения и твердости формы. Благодаря этому существует возможность изготовления более «мягкой» полуформы верха, что улучшает газопроницае-



Рис.7. Заливка на автоматической формовочной линии фирмы HWS



Рис.8. Примеры готовых изделий производства фирмы Zetkama



Рис.9. Типовая, готовая к отгрузке продукция румынского завода UZTEL

мость формы.

◆ Создание превосходной поверхности формы (соответственно и поверхности отливки корпуса арматуры) – так как поток воздуха переносит мельчайшие частицы песка к поверхности модели.

◆ Достигается снижение формовочного уклона модели (обычно на 0,5–1,5 %) – так как поток воздуха отделяет форму от модели. Возможность снижения веса и уменьшения размеров отливки из-за снижения уклона модели.

◆ Превосходное уплотнение формы, что делает возможным создание особенно глубоких карманов (до 1,8/1) в форме в качестве дополнения к снижению веса отливки. Существует возможность установки выступов в глубокие полости модели, что обеспечивает поступление песка в различные труднодоступные места на модели перед дополнительным прессованием в процессе Сейяцу. Благодаря этому возможна даже замена стержней на «болваны», что сокращает производственные расходы.

◆ Высокая проницаемость формы: перемещаясь от верха полуформы к поверхности модели (обычно в течение 1,0 – 1,5 с) воздушный поток способствует образованию микроканалов в форме.

◆ Конструкция модели обеспечивает контакт «пе-

сок-к-песку» между верхней и нижней опоками при сборке формы. Это существенно сокращает количество заусенцев и снижает затраты на их очистку. Во многих случаях отливки подвергаются лишь пескоструйной обработке (без зачистки). Ярким примером является фирма Vudergus, сэкономившая 30 рабочих в отделе зачистки после замены 2-х фактически новых формовочных машин другого изготовителя на формовочную линию фирмы HWS (размеры опоки 950x900x250/250 мм, 200 форм/ч, отливки имеют каналы, работа в 3 смены).

◆ Высокая производственная точность формовочной линии фирмы HWS обеспечивает минимальное несоответствие по вине формы. Таким образом, гарантировано несоответствие менее 0,2 мм при производстве арматуры (также как и на многих других заводах, например: VIEGA Franz Viegeler, опоки 550x450x120/120 и 80/80 мм, 360 форм/ч).

◆ Имеется возможность использования экзотермических прибылей. В частности, это было выполнено на литейных предприятиях, ранее носивших название Schubert и Salzer (в настоящее время принадлежат Компании Georg Fischer) в г. Лейпциг, Германия, занимающихся производством задних мостов, а также на многих других литейных предприятиях (размеры опок 2500x1600x500/500 мм, 25 форм/ч).

◆ Стабильность формовочного процесса обеспечивает высокую точность формы, а также высокую точность при воспроизводимости (повторяемость параметров). Результатом этого является снижение разброса веса и размера для серийного производства отливок. Например, компания Fritz Winter в Германии уменьшила вес отливки 4-цилиндрового блока для «Дженерал Моторс» (автомобиль «Опель») до 40,2 кг (из-



Рис. 10. Клапаны румынского завода UZTEL

начальный вес – 42 кг), установив в 1993 г. формовочную линию HWS (250 форм/ч).

- ♦ Возможность использования моделей из пластмассы (эпоксидной смолы), древесины, алюминия и меди, так как в формовочном процессе не используется встряхивание и импульс.

- ♦ Сокращение затрат на фундамент по причине отсутствия динамических нагрузок.

- ♦ Снижение уровня шума (менее 85 дБ (А)).

- ♦ Возможность использования широкого диапазона песка в формовочном процессе.

С 1983 г. процесс уплотнения воздушным потоком Сейсацу фирмы HWS используется более чем на 500 формовочных линиях и машинах.

Кроме того, компания HWS заменила 77 формовочных машин других производителей на действующих формовочных участках с целью улучшения качества отливок. Еще одним преимуществом данной технологии является выгодный дизайн машины HWS, снижающий затраты на техобслуживание и продлевающий срок службы оборудования. Компания HWS гарантирует техническую эффективность 95%. Многие клиенты добились эффективности и коэффициента использования оборудования более 98%.

Завод Uztel предлагает качественные **устройства для регулирования расхода с нерегулируемыми или регулируемыми штуцерами**, спроектированными и производимыми в соответствии с требованиями промышленного стандарта. Также завод Uztel производит **задвиги с гидравлическим приводом, предохранительные задвиги, клиновые задвиги с плоским шибером, колонные головки фонтанные и арматурные стандартного типа**.

Необходимо особенно отметить большие объемы производства и престиж качества продукции арматуростроения для экономики страны, подразумевая под этим, в первую очередь, нефте- и газопроводы и их насосные станции, но более важно учитывать и отрасли жизнеобеспечения, активно использующие арматуру – энергетику, теплоснабжение, ЖКХ и т.д. Качество арматурных отливок определяется уровнем технологии и используемым оборудованием, в первую очередь, по производству форм и стержней.

Данный материал представляет интерес для всех специалистов литейных цехов и заводов, а также сборочных производств, в чью сферу интересов входит производство трубопроводной промышленной арматуры (включая арматуру для судостроения) из цветных металлов, серого и ковкого чугуна, стали, неметаллических материалов, а также производство задвижек и затворов из чугуна, стали и из других материалов, электроприводов к арматуре и задвижкам.

По всем вопросам обращаться:

тел.: (495) 907-52-90, 907-52-55,

факс: (495) 907-2150

E-mail: hws-moscow@nl.n.ru

Список литературы

1. **Буданов Е.** Производство отливок арматуры (вентили, задвижки, фитинги, клапаны) // Литейщик России. – 2005. – №10. – С.11–18.
2. **Веревкин А.** Отливки промарматуры Германии – тенденции в области ценообразования // Литейное производство. – 2005. – №10. – С.35–38.
3. **Попов Д., Буданов Е.** Финансирование проектов модернизации литейного производства // Литейное производство. – 2005. – №11. – С.25–31.
4. **Доценко П., Попов А.** Современное стержневое оборудование – необходимое условие конкурентоспособности литейного производства // Литейное производство. – 2005. – №3. – С.18–24.
5. **Вернинг Х., Вебер Ф.** Технология вакуум-пленочной формовки для производства высококачественных отливок // Литейное производство. – 2004. – №8. – С.15–17.
6. **Афонаскин А.В., Верещагин Е.Н.** Опыт применения вакуум-пленочной формовки на Заводе точных заготовок ОАО «Курганмашзавод» // Литейное производство. – 2004. – №8. – С.24–25.
7. **Буданов Е.Н.** Стратегия развития производства отливок для крупных монополий России и на экспорт // Литейное производство. – 2004. – №12. – С.9–15.
8. **Буданов Е.** Опыт модернизации ведущего литейного производства Германии – завода Fritz Winter // Литейное производство. – 2005. – №5. – С.26–30.
9. **Буданов Е.** О стратегическом развитии современных машиностроительных предприятий // Литейное производство. – 2005. – №3. – С.28–32.
10. **Веревкин А.** Высокотехнологичный рентабельный немецкий литейный завод численностью 100 человек, имеющий сотни заказов // Литейщик России. – 2005. – №8. – С.12–16.
11. **Вернинг Х., Вебер Ф.** Технология вакуум-пленочной формовки для производства высококачественных отливок // Литейное производство. – 2004. – №10. – С.10–14.
12. **Новая формовочная линия Сейсацу**, установленная фирмой «Шенхерр» – пример замены и модернизации формовочного оборудования // Литейное производство. – 2005. – №10. – С.23–26.
13. **Веревкин А.** Технология «воздушный поток + прессование» на заводе Alzmetall // Литейное производство. – 2005. – №3. – С.9.
14. **Веревкин А.** Отливки для крупнейшего производителя оборудования (мельниц, дробилок) – холдинга Sandvik // Литейщик России. – 2005. – №6. – С.41–46.
15. **Петрова Л., Веревкин А.** Немецкое оборудование по ХТС-процессу фирмы FAT // Литейщик России. – 2005. – №11. – С.27–34.
16. **Кузнецов В.П., Мушна К., Косников Г.А., Пирайнен В.Ю.** Сравнительный анализ технико-экономической эффективности различных видов формообразования при изготовлении крупного стального литья // Литейное производство. – 2004. – №8. – С.12–14.
17. **Буданов Е.Н.** Выбор технологии изготовления стальных отливок для железнодорожного вагонного парка // Литейное производство. – 2004. – №8. – С.18–24.
18. **Буданов Е.Н.** Выбор технологии изготовления стальных отливок для железнодорожного вагонного парка // Литейное производство. – 2004. – №10. – С.15–21.
19. **Интернет-сайт** фирмы Heinrich Wagner Sinto Maschinenfabrik GmbH (HWS): www.wagner-sinto.de
20. **Интернет-сайт** фирмы Laempe GmbH: www.laempe.com
21. **Интернет-сайт** фирмы Förder- und Anlagentechnik GmbH (FAT): www.f-a-t.de..