

Плавильные цеха со среднечастотными печами и вагранками, высокоавтоматизированное стержневое оборудование, устройства сепарации хромитового песка для оптимального использования ресурсов, а также самые современные формовочные линии – все оборудование завода DaimlerChrysler спроектировано для изготовления деталей для автомобилестроения.

Охране окружающей среды уделяется особое внимание на всех предприятиях DaimlerChrysler AG. Все технологические процессы постоянно оптимизируются в соответствии с требованиями экологической безопасности, так как конечной целью экологической политики концерна являются уменьшение уровня шума и выброса токсичных веществ и снижение потребления энергии и исходных материалов.

Кроме того, все предприятия концерна DaimlerChrysler AG прошли строгую сертификацию на соответствие всем стандартам ISO 9001.

Список проектов фирмы HWS-Sinto по SEIATSU-процессу на заводах DaimlerChrysler в Mannheim и Unterturkheim:

- Формовочная линия с машиной ZFA-SD6 с многоплунжерной прессовой плитой (2000 г.). Размер опок 1120x1080x250/250 мм. Производительность 180 форм/час.
- Формовочная линия EFA-SD 6,5 с многоплунжерной прессовой плитой (2006 г.). Размер опок 1550x1100x400 ± 50/400 мм. Производительность 90 форм/час.
- Формовочная линия EFA-SD 6,5 с многоплунжерной прессовой плитой (2007 г.). Размер опок 1550x1100x450/450 мм. Производительность 60 форм/час.

#### Список литературы

1. Компания DaimlerChrysler: заказ новой формовочной линии SEIATSU для производства головок блоков цилиндров // Casting Plant and Technology. – 2006. – №6.
2. Буданов Е.Н. О новых тенденциях развития литейных технологий в 2007 г. // Литейное производство. – 2006. – №12.
3. Буданов Е.Н. Опыт модернизации ведущего литейного производства Германии – завода Fritz Winter // Литейное производство. – 2005. – №5. – С.26–30.

И.А. Мельников

## Изготовление отливок для гидравлики на двух формовочных линиях HWS в компании Bosch Rexroth

Компания Bosch Rexroth – мировой лидер в области гидравлического оборудования, систем управления и приводных технологий. Она образовалась в результате слияния в 2001 г. группы ведущих европейских фирм Rexroth с концерном Bosch, что обеспечило возможность создания практически любых комплектов приводов и систем управления, в том числе микропроцессорного, с поставкой «под ключ» из одних рук. Концерн выпускает широчайшую гамму продукции: гидроприводы для металлургического оборудования, гидротехнических сооружений, литейного производства, энергетики, термопластавтоматов, прессового оборудования, судостроения, нефтедобы-

чи, металлообработки, производства бумаги, подъемно-транспортного машиностроения, театральной техники, транспорта, испытательных стендов.

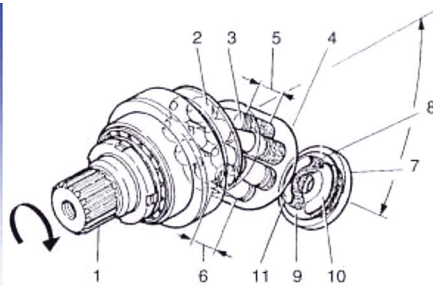
В настоящее время в компании Bosch Rexroth работают 28000 сотрудников более чем в 80 странах мира. У компании более 500000 клиентов в мире. На рис.1 приведен пример продукции компании.

#### Литейный завод Rexroth Guss GmbH.

Предприятие Rexroth Guss GmbH имеет 200-летние традиции в разработке и производстве высококачественных отливок. Компания обладает обширным опытом в таких областях, как плавка, легирование и формообразование. Литейный завод Rexroth Guss GmbH предлагает своим клиентам современные высокотехнологичные «ноу-хау».

Литейный завод Rexroth Guss GmbH выпускает отливки для гидравлики, общего машиностроения и др. С 2003 г. Rexroth Guss GmbH реализует инвестиционную программу, в рамках которой было создано новое литейное производство для крупного литья гидрооборудования.

Одним из основных факторов производства высококачественной продукции был выбор формовочного оборудования. Сотрудничество веду-



**Рис.1.** Нерегулируемая машина Bosch Rexroth с конусными поршнями (1 – приводной вал; 2 – поршни; 3 – поверхность поршней; 4 – ротор; 5 – ход нагнетания; 6 – ход всасывания; 7 – распределительный диск; 8 – верхняя мертвая точка; 9 – нижняя мертвая точка; 10 – серповидный паз напорной линии; 11 – серповидный паз всасывающей линии)

щего концерна-производителя гидравлики Bosch Rexroth и фирмы HWS-Sinto – лидера в производстве формовочных линий, началось в 1978 г., когда литейный завод Rexroth Guss GmbH купил первую формовочную линию HWS. Особенностью сотрудничества является его взаимообразность, так как корпуса гидроборудования Bosch Rexroth отливают на формовочных линиях HWS, а сама фирма HWS, в свою очередь, использует в своих формовочных линиях гидравлику Bosch Rexroth.

Всего на заводе Rexroth Guss GmbH установлено 2 формовочные линии HWS-Sinto.

**Первая формовочная линия HWS** со сдвоенной формовочной машиной ZFA-S4 по методу «Сейатцу» имеет размер опок 800x500x250/250 мм и производительность 180 комплектных форм в час.

Формовочная машина ZFA-S4 за каждый рабочий такт изготавливает одну комплектную пару опок. В упрощенном принципе она состоит из двух отдельных формовочных машин, которые смонтированы на одной станине. Опоки продвигаются через машину в один ряд, но парами, посредством двойного хода. Подъемный стол поднимает модельные плиты, опоки и наполнительные рамки к бункерам-дозаторам, которые заполняют пространство для формы требуемым количеством смеси. Затем бункеры-дозаторы отводятся к транспортеру для смеси, а над опоками устанавливаются прессовые головки. После уплотнения смеси модели опускаются вниз. Для ускорения смены моделей машина может оснащаться возвратной тележкой для моделей. Управление всеми операциями по изготовлению форм производится по заранее введенной программе.

Сдвоенный формовочный автомат ZFA-S используется в формовочных линиях очень высокой производительности.

**Вторая формовочная линия HWS** с формовочной машиной EFA-SD5 по методу «Сейатцу» была установлена в 2003 г. Размер опок составляет 1040 x 900 x 300 + 100/300 мм, а производительность – 120 форм в час (рис.2). Различные участки линии HWS представлены на рис. 3–6.

Формовочная машина EFA-SD5 может применяться для работы со всеми принятыми размерами опок. Она оборудована поворотным столом и последовательно изготавливает верхние и нижние полуформы. Опоки поочередно продвигаются через машину. Подъемный стол поднимает модельную плиту, опоку и наполнительную рамку к отверстию в бункере-дозаторе, который заполняет пространство для формы требуемым количеством смеси. Затем бункер-дозатор отводится к транспортеру для смеси, а место над опокой занимает прессовая головка. После уплотнения смеси модель опускается вниз. Уп-

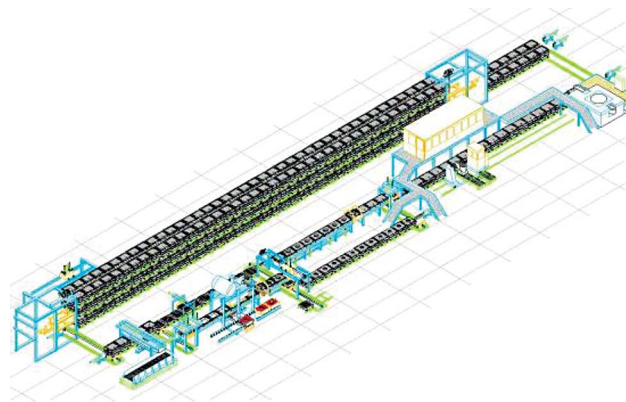


Рис.2. Планировка второй формовочной линии HWS-Sinto на Rexroth Guss AG (многоярусный охладитель форм)

равление всеми операциями по изготовлению формы производится по заранее введенной программе. Автомат для изготовления отдельных форм EFA-SD используется только в автоматических формовочных линиях.

**Инновации в области технологии и охраны окружающей среды.** В настоящее время Rexroth продолжает модернизацию литейного производства. Объем инвестиций на развитие составил 18 млн. евро. В сентябре 2003 г. был открыт плавильный цех. Коксовые вагранки были заменены на две современные среднечастотные электропечи. Это позволило увеличить производительность плавки с 50000 до 80000 т в год. Новые печи мощностью 10 МВт могут производить 14 т металла в час. Благодаря новым печам существенно снижено отрицательное влияние на окружающую среду. Выброс пыли снизился на 95%, эмиссия других вредных факторов также значительно упала. Количество отходов в год сократилось на 5000 т, количество сточных вод – на 4000 кубометров в год.

Высококачественную модельную оснастку и стер-



Рис.3. Использование вилочных погрузчиков для транспортировки жидкого металла



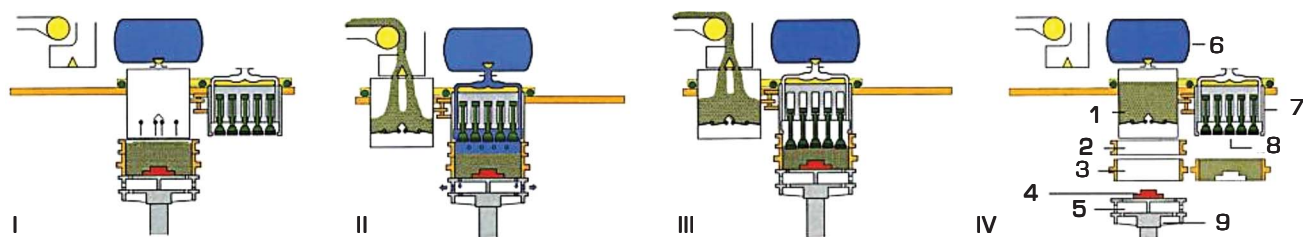
Рис.4. Ветвь полуформ низа с представленными стержнями



Рис.5. Ветвь верхних полуформ



Рис.6. Линия охлаждения с вытяжным кожухом



**Рис.7.** Схема уплотнения по методу Сейатцу: 1 – бункер-дозатор смеси; 2 – наполнительная рама; 3 – опока; 4 – модель; 5 – подмодельная плита/держатель подмодельной плиты; 6 – ресивер для воздуха; 7 – прессовая головка; 8 – плунжер; 9 – стол машины

жневые ящики изготавливают из металла и пластика, что обеспечивает высокую размерную точность и высокое качество отливок.

Для обеспечения требуемой геометрии и прочности стержни, в основном, изготавливают по Cold-box-амин-процессу. Эта технология изготовления стержней гарантирует высокое качество литья. Кроме того, минимизируется механическая обработка.

**Гарантированное качество.** Во время всего производственного процесса осуществляется постоянный контроль технологического процесса. Сначала тщательно выбирается исходный материал. Затем вся продукция подвергается механическим испытаниям. Также отливки подвергаются неразрушающей дефектоскопии с помощью ультразвука и эндоскопии.

**Сертификация.** Сертификация системы управления качеством подтверждает соответствие всем требованиям DIN EN ISO 9001:2000. Кроме этого компания Rexroth Guss AG имеет свидетельства следующих классификационных обществ: Дет норске Веритас (Норвегия), Регистр судоходства Ллойда, TUV Sddeutschland в соответствии с «AD2000-Merkblatt W O / TRD 100»

#### «СЕЙАТЦУ» – уплотнением воздушным потоком и прессованием

Уровень шума формовочной машины СЕЙАТЦУ составляет приметно 78 дБ, что обеспечивает хорошие условия работы на формовочной линии.

**Последовательность процесса уплотнения.** Уплотнение формовочной смеси происходит способом СЕЙАТЦУ – уплотнение воздушным потоком с прессованием (рис.7). Пространство, образуемое модельной оснасткой, подмодельной плитой, опокой и наполнительной рамкой, заполняется необходимым количеством формовочной смеси путем открывания жалюзийных затворов бункера-дозатора (I). Затем бункер-дозатор перемещается под ленточный питатель запасного бункера смеси, а прессовая головка одновременно встает над пространством формы. Стол машины поднимается и давит держатель подмодельной плиты с опокой и наполнительной рамкой к прессовой головке таким образом, что все пространство формы становится герметично закрытым. Затем на короткое время открывает-

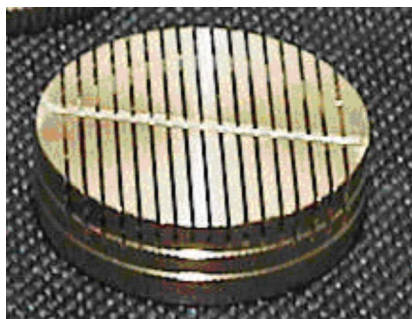
ся клапан воздушного потока. Воздушный поток проходит формовочную смесь от контрлада в сторону модели, а затем уходит через венты в держателе подмодельных плит или в самой подмодельной плите (II). Дополнительное прессование сверху плоской прессовой плитой, мембраной или многоплунжерной головкой совершает окончательное уплотнение формы (III). Во время процесса уплотнения бункер-дозатор снова заполняется смесью. Протяжка модели из формы происходит путем опускания стола машины, в то время как бункер-дозатор смеси и прессовая головка передвигаются в исходное положение (IV).

**Устройство формовочных машин «Сейатцу».** Устройства формовочных агрегатов по данному методу уплотнения являются, в принципе, одинаковыми для всех машин, работающих по методу «Сейатцу».

Каждая формовочная машина оснащается ресивером для сжатого воздуха. Благодаря этому в машине постоянно присутствует достаточное количество воздуха и предотвращается падение давления в производственной цепи. Чтобы свести к минимуму падение давления в трубопроводах машины, ресивер монтируется непосредственно на машине. В трубопроводе, ведущем от ресивера к машине, устанавливается запорный клапан, имеющий гидравлическое управление. Скорость открывания регулируется при помощи редукционного клапана, продолжительность – при помощи электроники. Ход открытия тарелки клапана может ограничиваться переставляемым упором. Этим обеспечивается возможность регулировать клапан таким образом, чтобы для каждой формы достигались оптимальные условия для предварительного уплотнения смеси.

Держатели подмодельных плит оснащаются на заводе по периметру цепью из вент (рис.8) для отвода уплотняющего воздуха. Таким образом, для изготовления оптимальной формы на модели достаточно иметь небольшое число специально расположенных вент.

**Уплотнение воздушным потоком.** После заполнения формовочной смесью опоки подъемный стол машины поднимает модельную оснастку с опокой и наполнительной рамкой вверх и прижимает ее к головке пресса. При этом формовочное пространство герметично изолируется от внешней среды. Такая изоляция формовочного пространства



**Рис.8.** Вента

необходима для того, чтобы уплотняющий воздух мог выходить только через венты в подмодельной плите.

Процесс уплотнения осуществляется в несколько фаз, которые практически безостановочно перетекают одна в другую (рис.9). После открывания клапана «Сейатцу» уплотняющий воздух проходит через формовочную смесь и обеспечивает в первой фазе равномерное распределение смеси в форме и плотное прилегание ее слоев к контурам модели.

Во второй фазе обеспечивается предварительное уплотнение смеси. Воздушный поток оказывает направленное вниз давление на каждое зерно смеси и приводит подошву смеси в движение. Вместе с воздушным потоком формовочная смесь перетекает в более низкие участки модели. При этом возникают поперечные напряжения и предотвращается образование «слипаний».

Плотность уплотнения в направлении потока возрастает от слоя к слою, так что наибольшая плотность достигается на участках непосредственно вблизи модели.

**Прессование.** Для последующего уплотнения формы предлагаются несколько видов гидравлических прессов (рис. 10). При автоматическом наполнении формовочной смеси и при использовании переменных контуров моделей наилучшие результаты могут быть достигнуты применением многоплунжерного пресса, так как он обеспечивает равномерное уплотнение всей формы. Каждый плунжер представляет собой активный гидроцилиндр с защитой от поворота на оси. Блок с плунжерами изготавливается из литого чугуна и имеет множество вертикальных отверстий, через которые воздух проходит в формовочное пространство при предварительном уплотнении полуформы.

Плоская прессовая плита подходит для всех моделей при том условии, что машина дает возможность распределять формовочную смесь вручную.

Использование водяной или воздушной подушки рекомендуется в том случае, если на подмодельной плите располагается несколько небольших моделей одинаковой высоты, например фитинги.

В качестве четвертого варианта была разработана эластичная прессовая пластина из ячеистого вулкана, посредством которой достигается равномерное уплотнение формовочной смеси для моделей одинаковой высоты. Пластина из вулкана натягивается на стальной раме и имеет сквозные отверстия, чтобы уплотняющий воздух мог воздействовать на всю обратную сторону полуформы.

**Свойства формовочной смеси.** Качество формы в большой степени зависит от качества формовочной

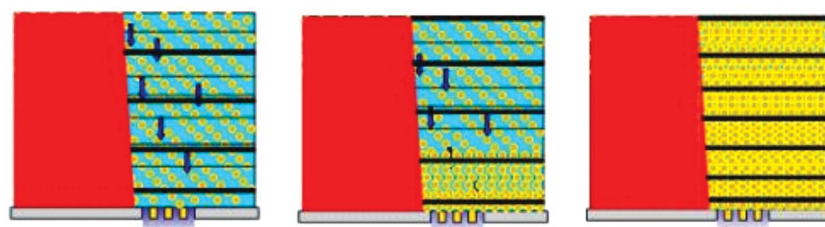


Рис.9. Действие воздушного потока на слои формовочной смеси

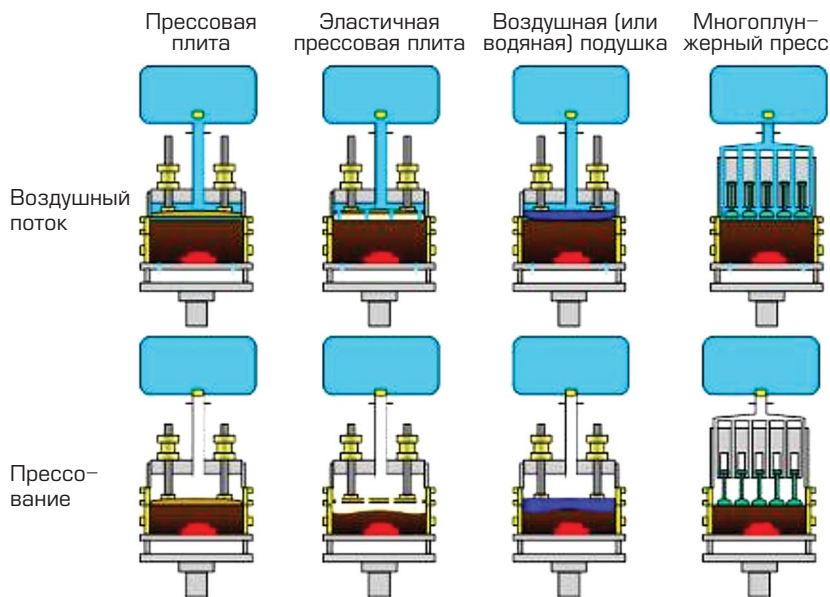


Рис.10. Виды исполнения гидравлических прессов

смеси. Опыт показывает, что метод Сейатцу позволяет изготавливать качественные формы почти из любой смеси, применяемой при машинной формовке. Те литейные цеха, которые готовят смесь с глинистым связующим, могут ее использовать, как правило, без каких-либо изменений.

При переходе от метода уплотнения встряхиванием на метод уплотнения воздушным потоком с прессованием приходится в большинстве случаев уменьшать содержание влаги, чтобы улучшить текучесть, которая важна как при предварительном уплотнении, так и при последующем прессовании.

При методе Сейатцу параметры процесса уплотнения для той или иной формы являются одинаковыми, поэтому и свойства смеси должны иметь, по возможности, лишь небольшие отклонения, в случае если нужно получить отливки одинакового качества («повторяемость» отливок).

Метод Сейатцу позволяет изготавливать формы для ребристых корпусов электродвигателей без протяжных плит или других вспомогательных устройств.

На основании опытных данных было установлено, что при использовании металлических моделей и хорошей формовочной смеси можно получать ребра общей длиной 250 мм с конусностью  $0,1^\circ$ . Если все компоненты для изготовления отливки: модель, смесь и параметры уплотнения будут оптимально согласованы друг с другом, то можно вообще отказаться от уклона на модели. На практике это осуществляется, например,

в литейном цехе фирмы «Flygt» – ведущего шведского изготовителя насосов, где корпуса для погружных насосов изготавливаются без конусности.

#### Преимущества способа СЕЙАТЦУ

- Равномерно высокая твердость формы позволяет изготавливать отливки высокой размерной точности. Сравнение между встряхиванием с подпрессовкой и Сейатцу наглядно показывает более равномерную по объему твердость формы.
- Меньше стержней. Во многих местах форм возможна формовка сложных контуров моделей и «болванов» из-за равномерной твердости формы.
- Уменьшение формовочного уклона. Расход металла и затраты на механическую обработку отливок уменьшаются из-за уменьшения формовочных уклонов на 0,5° и меньше (иногда без уклонов).
- Лучшее использование плоскости разъема. Возможно более плотное расположение моделей на подмодельной плите, так как допускаются меньшие расстояния между моделями и опкой – можно изготовить больше отливок в одной форме.

- Уменьшение затрат на очистку и окончательную обработку отливок. Это обусловлено тем, что способом Сейатцу производятся высококачественные отливки с равномерным качеством в серии, с прекрасной поверхностью, точные по размерам и почти без брака поверхности, заусенцев и т.д.
- Сейатцу – гуманная технология. Воздушный поток полностью заменяет встряхивание, поэтому уровень шума снижается ниже отметки 85дБ(А). Способ Сейатцу работает без динамических нагрузок на фундамент. Это позволяет снизить затраты на фундамент, снизить затраты на техобслуживание.
- Нет износа моделей, так как воздушный поток по поверхности модели создает эффект «псевдо-смазки».

#### Список литературы

1. Экснер Х., Фрейтаг Р. и др. Гидропривод. Основы и компоненты. Учебный курс по гидравлике Bosch Rexroth.
2. Буданов Е.Н. О новых тенденциях развития литейных технологий в 2007 г. // Литейное производство. – 2006. – № 12.
3. Буданов Е.Н. Опыт модернизации ведущего литейного производства Германии – завода Fritz Winter // Литейное производство. – 2005. – № 5. – С.26–30.

А.Н.Щермет (Технический директор ЛЛМЗ)

## Самая производительная линия на заводах СНГ за последние 30 лет поставляется на Луганский литейно-механический завод

Луганский литейно-механический завод (ЛЛМЗ) идет путем серьезного технологического перевооружения и расширения производственной номенклатуры. Взамен старого конвейера с формовочными машинами по технологии нижнего прессования ЛЛМЗ заказал новую опочную формовочную линию типа ZFA-SD 5 с уплотнением форм воздушным потоком с подпрессовкой по Сейатцу-процессу (рис.1) для производства радиаторных, автомобильных отливок и другого литья на заказ.

Автоматическая формовочная линия фирмы HWS-Sinto, Германия, будет производить 240 полных форм в час на одном формовочном автомате, размер опок 1020x850x200/200 и 350x200 мм.

Эта линия в настоящее время является самой «скоростной» опочной формовочной линией, заказанной и поставленной на заводы СНГ за последние 30 лет. Подобные высокоскоростные линии были запущены, например, в 2003 г. в Венгрии для производства коллекторов и в 2005 г. в Польше для производства вентилируемых дисков. Но в Венгрии и Польше – это были инвестиционные проекты концернов Wescast и Brembo из Канады и Италии. Перевооружение же на ЛЛМЗ – это пример собственного украинского предпринимательства.

При выборе оценивались различные параметры



Рис. 1. По проекту модернизации литейного производства сформирована совместная техническая группа специалистов ЛЛМЗ и HWS-Sinto

ранее запущенных линий HWS-Sinto, например, производительность и качество. Так, на опочной линии завода Fritz Winter изготавливают сразу 12 отливок вентилируемых тормозных дисков для автозавода BMW или 3000 шт. в час (рис.2). Заводы BMW или Mercedes-Benz покупают отливки тормозных дисков, изготовленные только на опочных формовочных линиях с горизонтальным разъемом форм. Осесимметричная отливка подвергается износу, и биение передается на рулевое