



Система OptiPour с оптической камерой, применяемая на предприятии Miele, Гютерсло, Германия (фото: АВР)

Авторы: Штефан Андорф, Эрвин Дётч, Йохан Коньер, Марко Рише, АВР Systems GmbH, Дортмунд

## Технология заливки без давления и под низким давлением

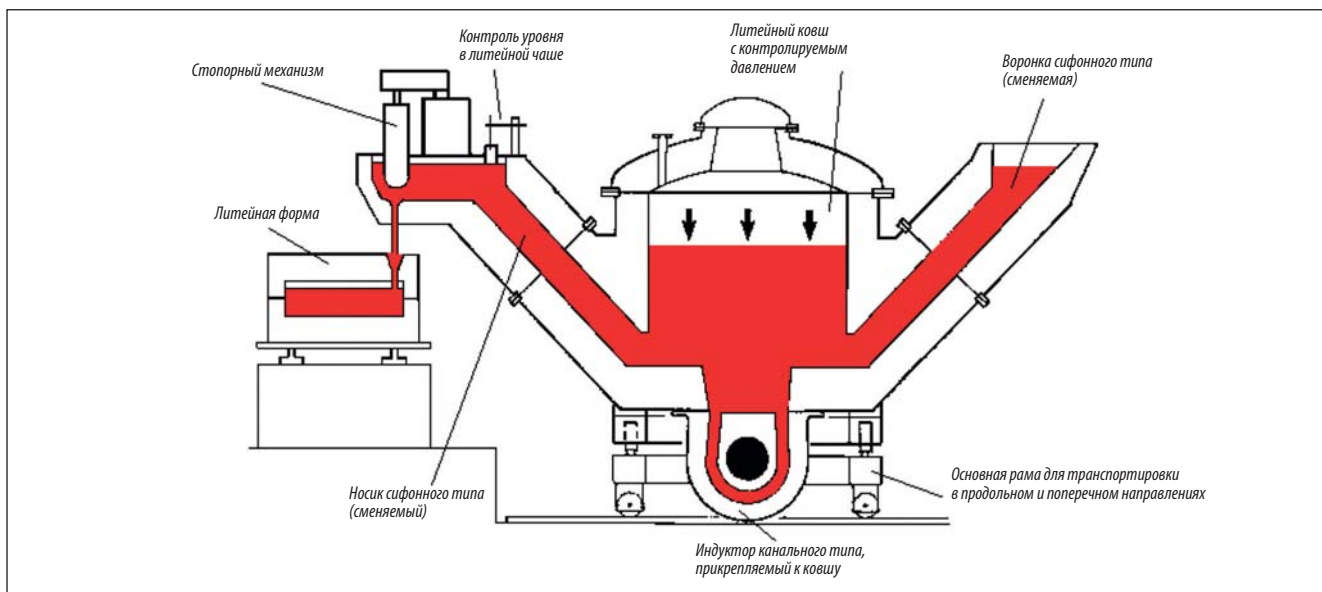
В серийном производстве отливок методом литья в песчаные формы используются полностью автоматизированные формовочные установки, изготавливающие песчаные формы с рабочим циклом 5–60 с. Очень высокие требования, которые предъявляются к оборудованию для контроля заполнения формы, выполнимы только при применении автоматизированных литейных систем, особенно при коротком рабочем цикле. Эти системы основаны на применении устройств измерения и регулирования уровня заполнения литника формы. Литейная система OptiPour подходит для автоматической заливки расплава традиционных марок литейного чугуна с коротким и продолжительным циклами литья. Принцип действия системы основан на измерении уровня заполнения в стояке с использованием координатного лазера, камеры или линейного лазера

### Литейное оборудование с дозирующим устройством на основе стопорного затвора

В линиях серийного производства отливок методом литья в песчаные формы с использованием автоматизированных формовочных установок соответствующее литейное

оборудование должно выполнять две основные задачи: во-первых, обеспечить достаточное количество готового расплава для подачи в объем отливки, во-вторых, надлежащим образом заполнить форму. В автоматизированных линиях литья чугуна эти задачи часто ре-

шаются с помощью подтвержденных на практике решений, например литейного ковша с регулируемым давлением, особенностями которого являются воронка сифонного типа, желоб (принцип чайника) и стопорный механизм в заливочной чаше [1].



**Рисунок 1.** Схема заливочной литейной печи с контролируемым давлением и стопорным механизмом

Подобное литейное оборудование в основном состоит из цилиндрической камеры, футерованной огнеупорным материалом, с герметичной крышкой, стопорного механизма, системы контроля давления и, в некоторых случаях, индуктора, перпендикулярно соединенного через фланец с нижней частью ковша (рис. 1). Каналы сифонного типа, соединенные с ковшом в нижней части, служат в качестве воронок и желоба. Желоб заканчивается заливочной чашей.

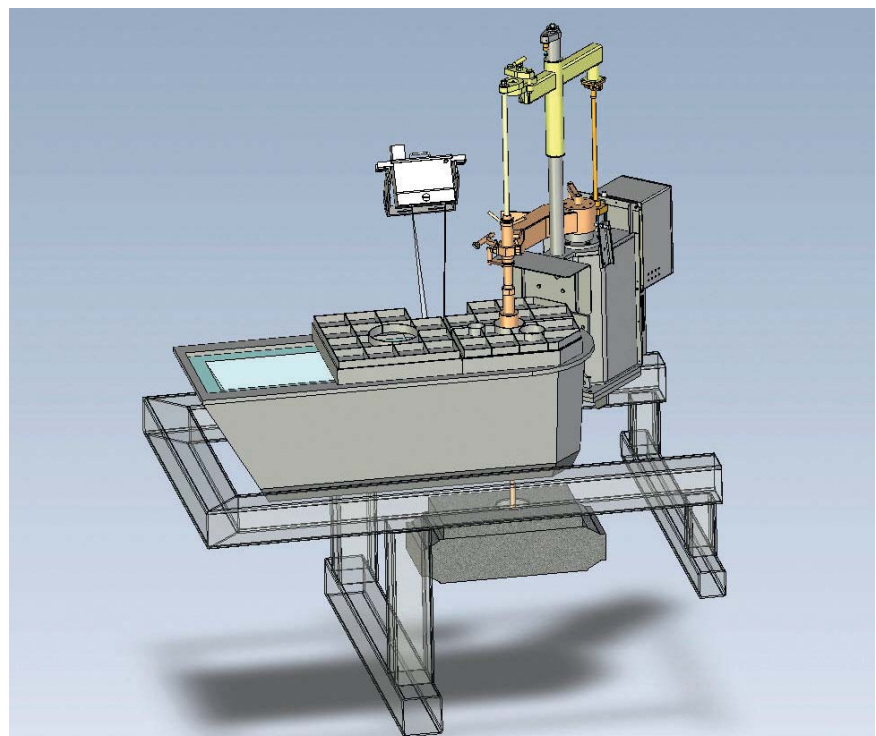
Для литья расплава давление внутри ковша увеличивают. Металл выдавливается в заливочную чашу, выходное отверстие которой может закрываться стопорным механизмом. Расплав металла в заливочной чаше поддерживается на постоянном уровне за счет автономного регулирования давления в зависимости от количества металла в ковше. Расход металла, т. е. количество металла выходящего из системы в единицу времени, зависит от высоты подъема стопорного механизма и диаметра выпускного отверстия.

Другая традиционная система литья чугуна с дозирующим стопорным механизмом — гравитационная заливка в нижнюю полость литейной формы (рис. 2) [2]. В этой системе уровень жидкой ванны

над форсункой, а следовательно, и скорость литья, изменяются в зависимости от уровня заполнения ковша. Как видно на рис. 2, уровень ванны измеряется с помощью лазерной системы или тензодатчика, а его влияние на расход регулируется системой контроля.

Соответствующая система контроля и регулирования позволяет

автоматизировать процесс заливки, используя гравитационный или активируемый давлением заливочный ковш. Обязательным условием при этом является очень высокая точность функционирования системы, активирующей стопорное устройство. На рис. 3 представлено схематическое изображение электрически активиру-

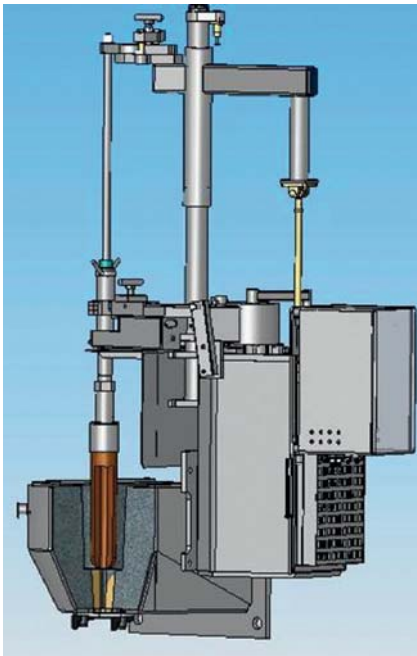


**Рисунок 2.** Ковш с нижней заливкой без использования давления с лазерной системой измерения высоты наполнения [2]

## ■ ПЛАВИЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

емого стопорного механизма, который полностью отвечает требованиям благодаря следующим особенностям [3]:

- » электронному контролю положения с точностью, в несколько раз превышающей механически активируемые системы;
- » возможности установить давление закрытия практически на постоянном уровне — до 2300 Н;
- » высокой скорости срабатывания: до 170 мм/с;
- » высокой точности установки:  $\leq 0,2$  мм;



**Рисунок 3.** Электрически активируемый стопорный механизм, тип АВР

- » автоматической компенсации износа;
- » автоматическому закрыванию при аварийном отключении питания;
- » системе быстрой замены стопорного механизма.

### Литье с обратной связью

Если параметры литья повторяются от формы к форме, процесс можно легко автоматизировать, используя систему ProPour. Одну «эталонную заливку» можно воспроизводить так часто, как это необходимо для сохранения координат в системе контроля. Данный обучаемый режим успешно применялся в течение многих лет как простой и надежный метод контроля процесса литья для различных применений.

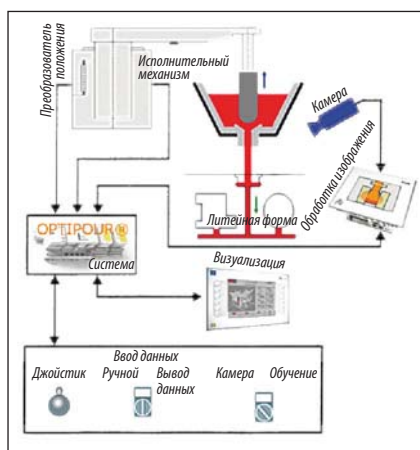
Однако данного метода контроля часто не достаточно, например, в ситуациях, когда кривая времени приемной способности формы меняется или условия стопорного механизма не остаются постоянными в течение длительного периода времени. В подобных случаях весь процесс заливки реализуется в рамках замкнутого контура регулирования. Это означает, что уровень заполнения литниковой системы необходимо постоянно измерять, а дозировку расплава адаптировать к приемной способности литейной формы.

Для решения этой задачи была разработана система контроля

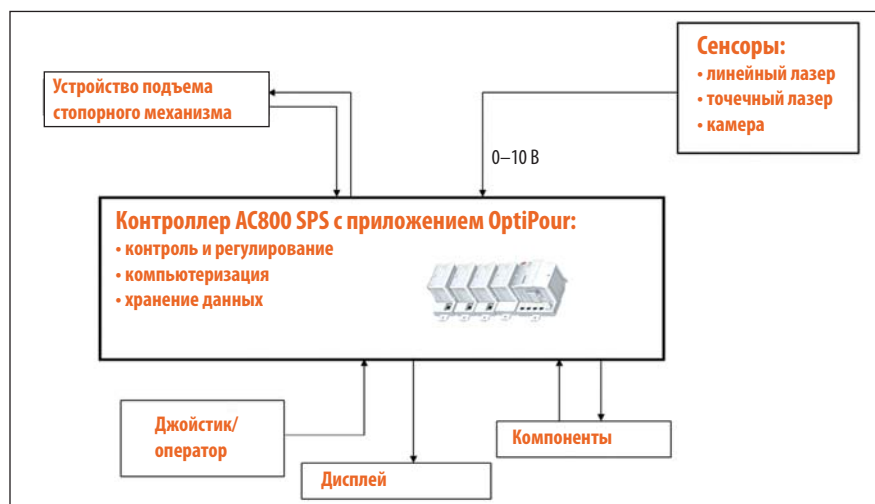
OptiPour [4], которая позволяет измерять уровень расплава в литниковой системе и поддерживать его постоянным во время всего процесса заливки. Система завершает процесс заливки на заранее выбранном уровне металла. Функциональная схема системы приведена на **рис. 4**. Специальный прибор постоянно контролирует литниковую область формы. Дозируемый объем расплава адаптируется к приемной способности формы через обратную связь к системе активации стопорного механизма.

Система контроля OptiPour построена на базе высокопроизводительного процессора ABB AC800, состоящего из надежных компонентов программируемого логического контроллера (PLC) (**рис. 5**). Применение персонального компьютера не требуется.

В зависимости от специфических производственных условий для измерения уровня заполнения литниковой системы используются сенсоры различных типов, например, точечные лазеры с линейными сканирующими камерами (в одной раме), камеры (оптическое наблюдение) или линейные лазеры с полосовым фильтром и камерой. Выходной сигнал этих сенсоров варьируется в диапазоне 0–10 В. Можно подключать дополнительные компоненты, например пирометр для регистрации температуры заливки. Возможен обмен данны-



**Рисунок 4.** Функциональный принцип контроля уровня заполнения литниковой системы



**Рисунок 5.** Схема системы контроля заливки OptiPour

## Ecoline Pro – Новейшее усовершенствование нашей новой серии машин!

Машина Ecoline Pro дополняет серию машин Bühler для литья под давлением с холодной камерой прессования в диапазоне замыкающего усилия от 3.400 до 8.400 кН и предлагает еще более высокую добавленную стоимость. Эта актуализированная серия машин обладает мощным прессующим узлом с регулируемыми позициями литья, а также другими характеристиками, пользующимися спросом на Вашем рынке. Такая экономическая инвестиция позволит Вашему предприятию работать еще более гибко, чем прежде, и получать максимальную прибыль.

Экономическая инвестиция  
с максимальной прибылью.  
[www.buhlergroup.com/die-casting](http://www.buhlergroup.com/die-casting).



Посетите нас на выставке  
Metallurgy Litmash в зале 7-2,  
стенд В13.



Бюлер АГ, Die Casting, CH-9240 Уцвиль, Швейцария  
т. +41 71 955 12 12, ф. 41 71 955 25 88  
[die-casting@buhlergroup.com](mailto:die-casting@buhlergroup.com), [www.buhlergroup.com/die-casting](http://www.buhlergroup.com/die-casting)

Innovations for a better world.



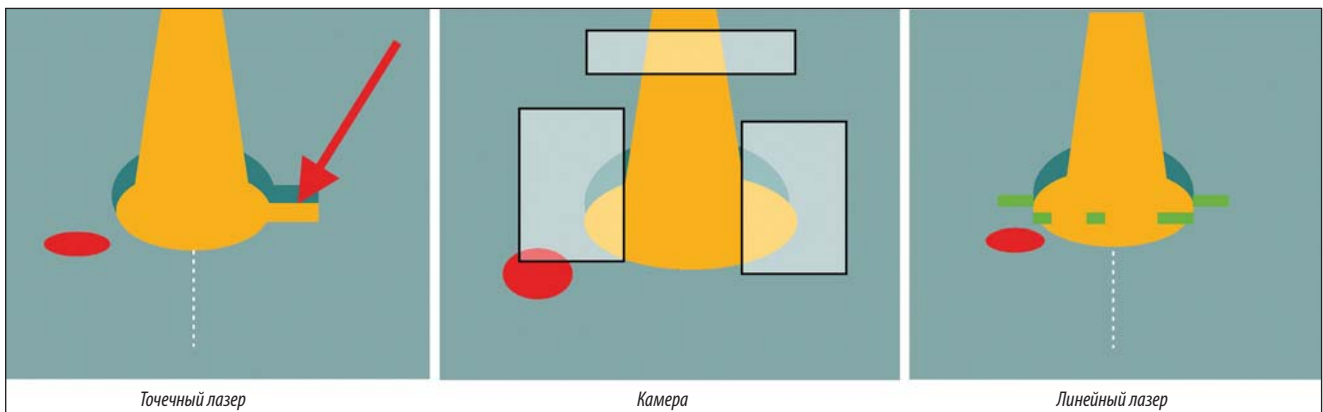


Рисунок 6. Способы непрерывного измерения высоты металла в стояке [1]

ми с формирующей установкой (например, для позиционирования литейного оборудования или предложения выпуска определенных отливок) или системами высокого уровня через серверы OPC (Object Linking and Embedding for Process Control — связывание и встраивание объектов для управления технологическим процессом). Наконец, функции полного контроля литейного узла (активация стопорного механизма, индуктор, встроенный прибор и пр.) можно интегрировать и визуализировать с помощью PLC системы OptiPour.

### Измерение уровня заполнения литниковой системы

На рис. 6 приведено схематическое изображение методов непрерывного измерения уровня заполнения литниковой системы. Выбор сенсорной системы в основном зависит от диаметра заполняющего отверстия. При величине диаметра

более 85 мм наиболее приемлемым решением является система с использованием камеры, при меньшем диаметре — лазерные системы.

Камера ориентирована на отверстие заполнения, расположенное под углом примерно 45 град. Во время измерения поток расплава маскируется. Области поверхности ванны за пределами потока используются в качестве полей измерения, размер которых определяется подсчетом светоизлучающих пикселей. Поскольку камера установлена под углом, уровень заполнения литниковой системы действует почти как пропорциональная величина измерения. Поля измерений адаптированы к специфической форме заполняющего отверстия, что позволяет избежать неправильных измерений из-за всплесков металла или отклонений потока.

Разработанная камера, которая также используется вместе с линейной лазерной системой, имеет интегрированный PLC и переключе-

чаемые выдержки. Это позволяет локализовать воронку заполнения формы и установить литейное оборудование в относительно оптимальном ее положении. Принцип функционирования традиционной технологии на основе точечного лазера — триангуляционный. Он реализуется для отверстий очень малого диаметра. Для осуществления измерения заполняющее отверстие расширяется на «измеряющий носик», обеспечивая свободный обзор практически спокойной поверхности металла (рис. 7).

Решение на основе линейного лазера — последняя разработка в области сенсорных технологий. Как показано на рис. 8, система включает эмиттер на основе линейного лазера в качестве передатчика и установленную напротив камеру с интегрированным PLC в качестве C-MOS-приемника сигнала. Оценка изображений осуществляется с помощью интегрированного цифрового сигнального процессора (DSP) без использования персонального компьютера. На рис. 9 показана лазерная линия в литниковом стояке литейной формы. Уровень заполнения металла в стояке определяется на основе измеренного камерой отклонения лазерной линии. Как и в случае измерения с использованием простой камеры, PLC-камера также может регистрировать положение стояка. Это дает возможность установить литейную форму в оптимальное положение и отка-

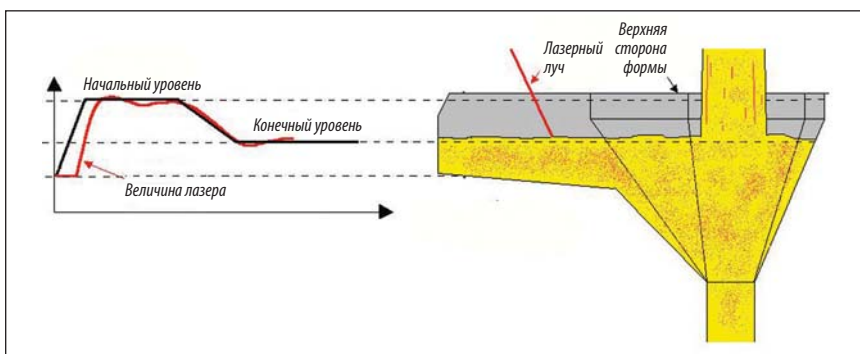
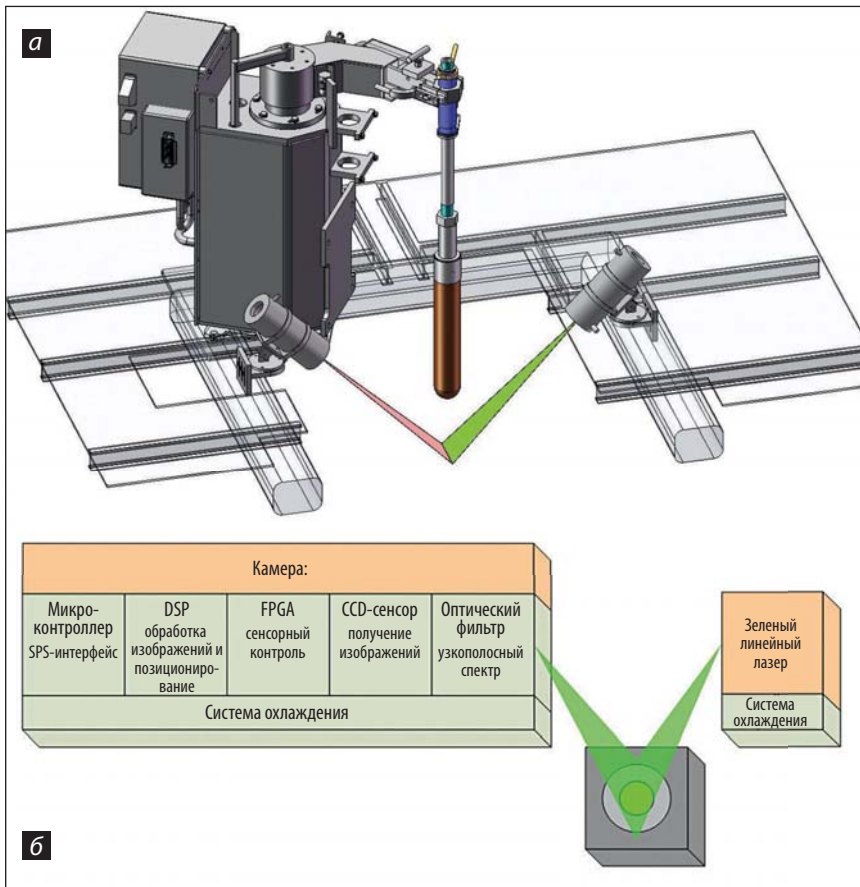


Рисунок 7. Измерение уровня заполнения литниковой системы на основе точечного лазера с расширением отверстия на измеряемый носик [2]

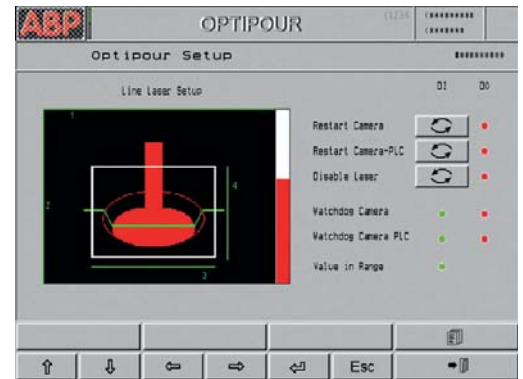


**Рисунок 8.** Устройство лазерного линейного излучателя и камеры PLC (а) и их функции (б) [2]

заться от установки дополнительного сенсора позиционирования. Эмиттер на основе линейного лазера и PLC-камера размещаются в водоохлаждаемом корпусе.

### Применение системы контроля уровня металла OptiPour

Постоянно развивающаяся система контроля уровня металла OptiPour в



**Рисунок 9.** Рамка экрана системы OptiPour, показывающая лазерную линию в литниковом стояке формы [2]

течение многих лет доказала свою эффективность в автоматизированных процессах литья чугуна, гарантируя оптимальное воспроизводимое протекание процесса заполнения формы. Поддерживая высоту заполнения металла в литниковой системе на постоянном уровне во время процесса заливки и снижая его в стояке до заранее выбранной величины, можно сократить количество образующегося шлака и возврата. Одновременно возрастает технологическая надежность как результат внедрения мониторинга, в частности аварийной остановки в случае прорыва или перетекания расплава металла.

Параметры литья для различных производственных условий регу-

**rautomead®**

**Технология непрерывного литья**



[www.rautomead.com](http://www.rautomead.com)

Rautomead Limited  
PO Box 100, Dundee, DD1 9QY  
Scotland, UK

Tel: +44 (0)1382 622341  
Fax: +44 (0)1382 622941  
email: [sales@rautomead.com](mailto:sales@rautomead.com)

**rautomead®**

**Современная технология металлов**



[www.rautomead.com](http://www.rautomead.com)

Rautomead Limited  
PO Box 100, Dundee, DD1 9QY  
Scotland, UK

Tel: +44 (0)1382 622341  
Fax: +44 (0)1382 622941  
email: [sales@rautomead.com](mailto:sales@rautomead.com)

Реклама

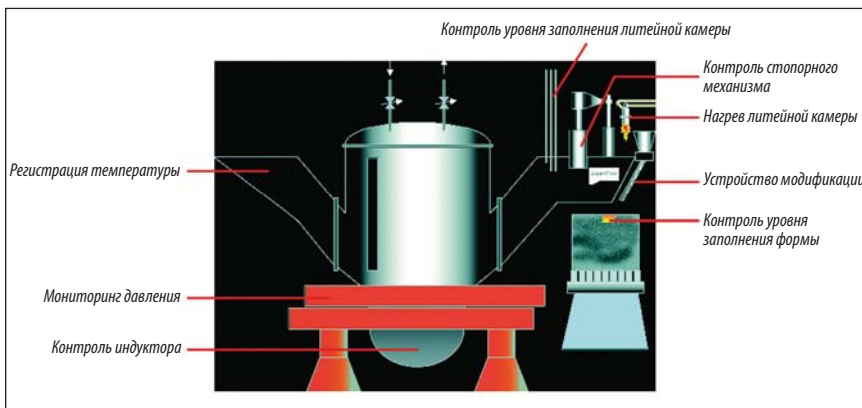


Рисунок 10. Контрольные функции системы OptiPour для заливочной печи [1]

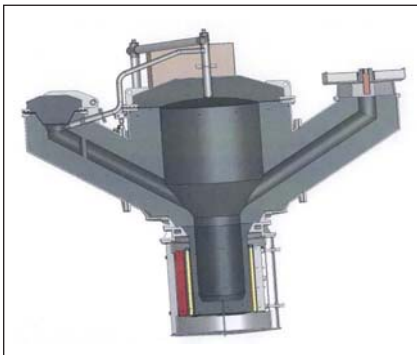


Рисунок 12. Сечение заливочной печи для разлива стали под низким давлением

лируются на месте путем считывания заливочной кривой с помощью джойстика и сохраняются в базе данных. В начале процесса за-

ливки стопорный механизм активируется в соответствии с определенной заливочной кривой до момента распознавания сенсором металла в стояке. В этой точке замкнутый контур регулирования берет на себя функции контроля, поддерживая величину заполнения металла в стояке на постоянном уровне. По мере завершения процесса заливки уровень металла в стояке снижается до заранее заданной высоты, что дает возможность минимизировать количество возврата в литниковой системе.

Система контроля заполнения в основном компенсирует колебания приемной способности отдельных форм и реагирует на изменения ха-

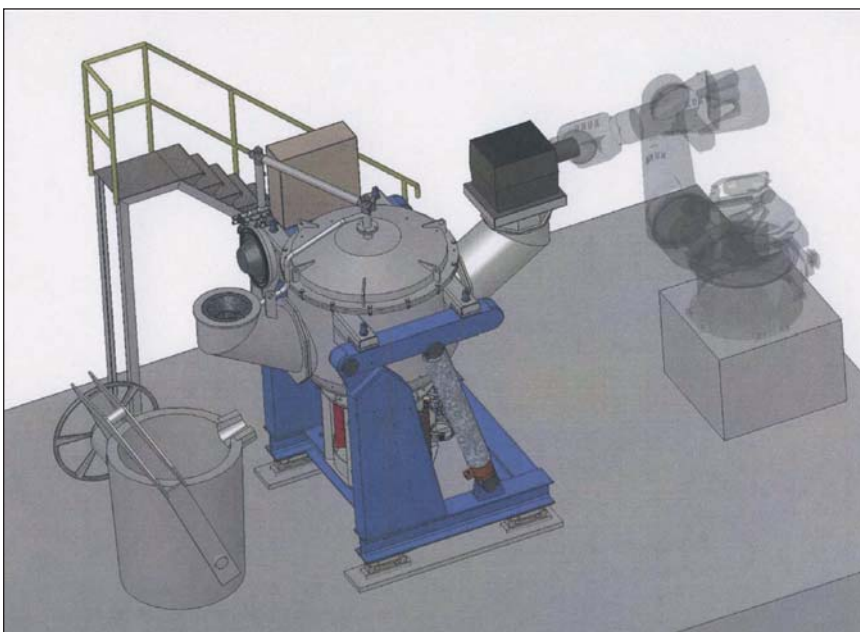


Рисунок 13. Заливочная машина для разлива стали под низким давлением



Рисунок 11. Заполнение формы с использованием системы OptiPour на основе лазера на литейном предприятии Franken Guss GmbH, Китцинген (Германия); безопасная формовочная машина производительностью 540 форм/ч [2]

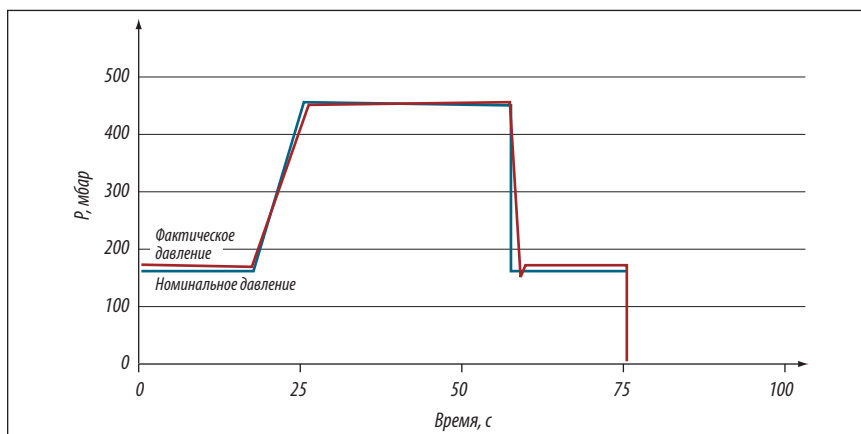
рактеристик потока металла. При необходимости коррекцию параметров заливки можно реализовать быстро и надежно с помощью считывания новой заливочной кривой. Кроме того, можно поднять или понизить кривую контроля как результат реакции на изменение условий литья без повторной процедуры считывания. Подобные средства коррекции — главное преимущество системы OptiPour, позволяющее исключить требующую много времени и сопровождаемую ошибками процедуру адаптации параметров литья вручную. После определения оптимальной заливочной кривой для производства конкретной отливки данная кривая сохраняется в базе данных. Тем не менее система может функционировать и в ручном режиме или с использованием описанного выше обучающего метода.

С помощью системы OptiPour можно следить за функционированием всей установки литья в непрерывном режиме, включая хранение и документирование данных, имеющих отношение к контролю качества.

Система выполняет следующие контрольные функции (рис. 10): контроль движения стопорного механизма относительно уровня

заполнения литниковой чаши; контроль горелки для поддержания температуры металла в литниковой чаше во время простоя установки; контроль модификации; контроль параметров индуктора; контроль температуры литья; контроль давления в разливочном ковше; контроль уровня ванны в литниковой чаше.

Система OptiPour с измерением на основе оптической камеры установлена в автоматизированной линии литья с использованием безопасной формовочной машины на предприятии компании Miele & Cie. KG в Гютерсло (Германия). На рис. 11 показан процесс литья с использованием системы OptiPour с замкнутым контуром регулирования. На литейном производстве компании Franken Guss GmbH, Китцинген (Германия) безопасная



**Рисунок 14.** Пример кривой давления для заливки под низким давлением (голубая линия — номинальное давление, красная линия — фактическое давление) [7]

формовочная машина функционирует с рабочим циклом 7–10 с. Заполнение отдельных форм осуществляется в воспроизводимом режиме и в соответствии со специ-

фикацией, используя систему контроля уровня заполнения на основе линейного лазера.

Описанная технология для литья без давления применима для авто-

Функциональные решения для Вашей пользы



**POINT Riser®**

---

**ГОТОВНОСТЬ**

- ✓ Минимальные опорные поверхности
- ✓ Фиксация в подпружиненном контакте
- ✓ Круглая или овальная шейка прибыли

**НАДЕЖНОСТЬ**

- ✓ Минимальные опорные поверхности
- ✓ Снижение затрат
- ✓ Гладкая литая поверхность
- ✓ Продукция с низким содержанием фторидов или без фторидов

**СИСТЕМНАЯ ЛОГИКА**

- ✓ Отличное компактирование песка под прибылью
- ✓ Определение объема прибыли
- ✓ Оптимизация профиля шейки прибыли

*All our energy for good Risers.*






Fon +49 (0) 2181/23 39 4-0  
www.gtp-schaefer.com

Реклама

**Точные и качественно оптимизированные приборы для контроля алюминиевой расплава от фирмы МК**



Тестер для плотности образцов при низком давлении 3VT



Термоанализатор TA 110





Электронные весы МК 2200



Тестер для алюминиевой расплава ALSP III



MELT MEASURING TECHNOLOGY  
www.mk-gmbh.de  
information@mk-gmbh.de

Реклама



матической заливки всех обычных марок литейного чугуна. С точки зрения экономической эффективности и процесса литья технология имеет следующие преимущества:

- » короткий рабочий цикл и малая численность обслуживающего персонала повышают производительность литейного участка;
- » снижается количество образующегося скрапа за счет воспроизводимого заполнения формы в соответствии со спецификацией, предотвращающего недозаполнение литниковой системы;
- » автоматический процесс литья позволяет использовать меньшие по размеру воронки и достигать оптимального уровня заполнения литникового стояка на завершающей стадии заливки; перелив устраняется, что минимизирует образование возврата;
- » персонал освобожден от рутинной работы и процессов, требующих большой концентрации, что значительно улучшает рабочие условия и уменьшает появление дефектов.

### Технология заливки под низким давлением

Технология заливки под низким давлением позволяет использовать литниковые системы меньших размеров, что приводит к образованию возврата на уровне 5–20 % по сравнению с 100 % в случае заливки без давления. Это позволяет в значительной степени снизить объем работ по снятию заусенцев и повторной обработке отливок. Одновременно снижается объем образующегося скрапа и повышается качество отливок. Меры, которые позволяют достичь указанных результатов, приведены ниже:

- » подача расплава металла в литниковую систему без образования завихрений;
- » надежное заполнение формы, в том числе в случае тонкостенных отливок;
- » заполнение формы без образования полостей за счет поддержания давления во время кристаллизации.

Благодаря этим особенностям заливка под низким давлением уже давно стала устоявшимся процессом при производстве алюминиевых отливок [6]. При производстве чугунных отливок данный процесс применяется лишь в исключительных случаях, что связано с высокими издержками по обработке форм. Тем не менее технологию литья без давления можно рассматривать в качестве опции для постоянно расширяющихся применений, как показано ниже на примере производства стальных отливок [7].

Заливочная печь с регулируемым давлением (см. рис. 1) модифицирована для производства стальных отливок производительностью 4 т/ч (рис. 12):

- » воронка сифонного типа оснащена герметичной крышкой и, как и разливочный ковш, находится под давлением инертного газа;
- » носик сифонного типа заканчивается вертикальным выпускным отверстием, окруженным песчаной чашей для удержания формы;
- » нагрев с помощью тигельного индуктора, который, базируясь на опыте использования огнеупорных материалов в процессах плавки стали, менее склонен к образованию дефектов в стальных отливках по сравнению с индукторами канального типа.

Перед заполнением формы методом заливки под низким давлением расплав металла в носике сифонного типа заливочной печи (см. рис. 12) подготавливается путем установки соответствующей величины давления с помощью системы OptiPour. Камера системы регистрирует уровень металла в носике. На основании полученных данных высота ванны настраивается на готовый к разливке уровень в соответствии с принципом, проиллюстрированным на рис. 4. Монитор отображает расплав металла в носике толщиной 5 см на готовом к разливке уровне. Когда система

готова к разливке, форма помещается на песчаную чашу в соответствующем положении, т. е. литниковая система канального типа соединяется с разливочным носиком (рис. 13). Затем в контролируемом режиме происходит заполнение формы за счет увеличения давления в заливочной печи в соответствии с кривой давления, применяемой для соответствующей отливки. На рис. 14 приведена подобная кривая, в соответствии с которой происходит заполнение формы за счет линейного повышения давления на 267 мбар в течение 8 с. После выдержки в течение 32 с, во время которой металл в литниковой системе достигает состояния кристаллизации, давление снижается до исходного уровня. В период между снятием заполненной формы и помещением другой система OptiPour производит проверку готовности установки к следующей заливке. Система OptiPour проверена на практике, особенно с точки зрения производства отливок методом заливки с низким давлением.

Таким образом, в форме модифицированной заливочной печи с соответствующим регулирующим давлением оборудованием существует производственная технология, позволяющая более широко применять метод заливки чугуна с низким давлением. Необходимо будет спроектировать оборудование для закрытия и обработки формы для конкретных производственных условий. При литье чугуна нельзя обойтись без модифицирования сплава. В описанном оборудовании модифицирование производится на последней стадии процесса, т. е. уже в форме. В случае индивидуального проектирования установки могут использоваться более специфические решения.

### Выводы

В комбинации с подходящим стопорным устройством система OptiPour отвечает жестким требованиям, предъявляемым к автома-

тическим установкам литья чугуна. Система в постоянном режиме производит измерения высоты заполнения формы с использованием лазера или камеры и регулирует уровень металла посредством компонентов PLC. Систему контроля заливки можно использовать со всеми обычными марками литейного чугуна на заливочных ковшах с контролируемым давлением со стопорным механизмом в заливочной чаше с индукционным нагревом или без него, а также на ковшах без применения давления с нижней разливкой, контролируемой стопорным механизмом.

Для заливки чугуна под низким давлением имеется модифицированная, индукционно нагреваемая заливочная печь с контролируемым давлением. В этом случае система OptiPour регулирует высоту расплава в заливочном отверстии таким образом, чтобы заполнить форму металлом в требуемом количестве за счет контролируемого и воспроизводимого увеличения давления.

### Библиографический список

- [1] *Dötsch, E.*: Automatisches Gießen von Gusseisen mit beheizten und unbeheizten druckbetätigten Gießeinrichtungen. Gießerei 91 (2004) No. 3, p. 56–62.
- [2] *Andorf, S., Dötsch, E. and Konjer, J.*: Messen und Regeln des Füllstandes im Eingussystem zum automatischen Gießen von Metallschmelzen. elektrowärme international (2010) No. 4, p. 293–298.
- [3] *Kroes, H.-J. and R. Sesing*: Automatisches Gießen mit OptiPour. 15. Internationale ABP-Kundentagung, Dortmund April 2006.
- [4] elektrowärme international 50 (1992) B3, p. B266–B270.
- [5] *Dötsch, E.*: Induktives Schmelzen und Warmhalten, Vulkan-Verlag Essen, 2009.
- [6] *Hartmann, L.*: Niederdruckgießen — ein Prozess macht sich bezahlt. Casting Plant & Technology (2008), No. 2, p. 22–26.
- [7] *Dötsch, E. and M. Rische*: Niederdruckgießen von Eisenwerkstoffen. Vortrag beim VDG-Fachausschuss für Eisenguss am 17.03.2011 in Düsseldorf.

[www.abpinduction.com](http://www.abpinduction.com)

## Мы следим за каждой песчинкой

### Технология пневматического транспортирования

Для сухих, легкотекучих, абразивных и абразивно-чувствительных материалов



### Технология подготовки формовочной смеси

Системы «под ключ», предусматривающие дозирование песка и связующего, а также распределение формовочной смеси



Оптимизировано для неорганических связующих!

### Технология регенерации

Системы регенерации самотвердеющего песка и формовочной смеси



Konrad-Adenauer-Strasse 200 · 57572 Niederfischbach, Germany  
Phone ++49 27 34 / 5 01-3 01 · Telefax ++49 27 34 / 5 01-3 27  
E-mail: [info@klein-ag.de](mailto:info@klein-ag.de) · [www.klein-ag.de](http://www.klein-ag.de)

Реклама