

## Линии горизонтальных безопочных форм как новый стандарт безопочной формовки по ПГС

В статье описан последовательный инженеринговый подход и опыт модернизации литейного производства завода Кронтиф — выбор современного литейного формовочного оборудования по технологии ПГС. Описано распространение и преимущества технология безопочной формовки в мире, дано сравнение с вертикальными безопочными машинами.

**Ключевые слова:** безопочная формовка, горизонтальный разъем, инженеринг и модернизация литейного производства, мировой опыт эффективных литейных заводов

The article describes a coherent engineering approach and experience of modernization of foundry production at Krontif and its choice of modern foundry molding equipment in green-sand technology. Worldwide distribution and advantages of flaskless molding technology is described, a comparison with vertical flaskless machines cars is made.

**Keywords:** flaskless molding, horizontal parting, engineering and modernization of foundry production, international experience of efficient foundries

В начале 2016 года на ЗАО «Кронтиф-Центр» запустили в эксплуатацию новую линию горизонтальной безопочной формовки модели FDNX фирмы HWS-Sinto, Германия. Линия FDNX (в условиях действующего литейного производства) была установлена при помощи квалифицированного немецкого персонала в предельно сжатые сроки — всего за неделю. Новый шаг в модернизации завода позволил разгрузить базовое производство отливок, изготавливаемых на опочной линии «Сейатцу» фирмы HWS-Sinto путем переноса самых мелких отливок на безопочную линию FDNX.

ЗАО «Кронтиф-Центр» выпускает около 70.000 тонн отливок в год самого различного наименования по запросам клиентов из различных секторов отечественной экономики и на экспорт. Своевременный пуск двух современных автоматических формовочных линий (АФЛ) фирмы HWS-Sinto — опочной АФЛ «Сейатцу» (размер опок 1000 × 800 × 300 мм, декабрь 2014 г.) и безопочной FDNX (размер формы 500 × 400 мм, переменной высоты) — обеспечивает литейному производству высокую эффективность, универсальность, гибкость, и делает возможным оптимально распределить производственные мощности предприятия.

Размер опок 1000 × 800 × 300 мм был выбран не случайно. Анализ около 700 действующих АФЛ на различных заводах мира показал, что число линий с длиной опок около 1000 мм составляет пример-

но 15% от всех АФЛ, и еще 55% АФЛ оказались с меньшим размером опок. Поэтому выбранные размеры опок оптимально соответствовали основным объемам заказов на чугунные отливки. Безопочная АФЛ, дополнив опочную, позволила еще больше сбалансировать и без того оптимальный выбор размеров опок основной линии. Конечно, при этом есть и примеры современных АФЛ по «Сейатцу»-процессу фирмы HWS-Sinto/Германия, которые гораздо больше выбранной для «Кронтиф-Центр» — с длиной опок 1500 мм на КамАЗ или 2630 мм на Промлит, г.Чебоксары.

Опочная АФЛ (опоки 1000 × 800 × 300 мм) завода «Кронтиф-Центр» при производительности всего 50 форм в час обеспечила выпуск около 2,500 тонн отливок в месяц (06.2016 г.), что при устойчивой рыночной ситуации позволяет гарантировать стабильный выпуск около 30.000 тонн годных отливок в год. Бесспорно, такие результаты недостижимы даже для очень высокопроизводительных безопочных линий. Тем более, если учесть возможности современных опочных АФЛ с производительностью в 5 раз большей, чем на Кронтиф на базе всего одного формовочного автомата — 250 форм в час. Кроме этого, важно помнить, что размеры рабочей площади опочных форм могут быть в разы больше любых известных аналогов безопочных форм.

В настоящее время наше предприятие ЗАО «Кронтиф-Центр» (в структуре ПМХ — Промышленно-металлургического холдинга) готово выполнить различные заказы на производство отливок современного мирового уровня качества в опочных и безопочных формах по ПГС. Стержни изготавливаются по Cold-Vox-амин-процессу на новом оборудовании фирмы Laempfe/Германия. Таким образом, для повышения конкурентоспособности и диверсификации, модернизация литейного производства, проводимая в условиях кризиса, обеспечивает более значимые и эффективные результаты, чем в экономически стабильные периоды времени.

Обоснование оптимального выбора формовочного оборудования, согласно анализу ЗАО «Кронтиф-Центр», как в целом по технологии ПГС, так и в частности по линиям горизонтальных безопочных форм, дано в развитие современного подхода инженеринговых исследований опочных ли-

ний, представленных на страницах данного журнала (№ 10, 2014 г. и № 4, 2015 г., «Литейщик России») с целью создания эффективного литейного производства. Модернизация в пик кризиса крайне необходима и сегодня возможна только на базе нового высокоавтоматизированного литейного оборудования при минимизации т.н. «человеческого фактора».

В течение многих столетий рождались, совершенствовались и/или умирали разные литейные технологии. Однако технология получения отливок в «сырых» формах по песчано-глинистым смесям (ПГС) остается одновременно одним из древнейших и на сегодня главным способом изготовления отливок в мире. В настоящее время более 65% (по некоторым источникам — до 80%) всех отливок в мире получают в формах по ПГС [1, 2]. Основные технологические преимущества форм по ПГС состоят в следующем:

- Универсальность, т.е. возможность получения большинства отливок из разных сплавов;
- Наличие высокопроизводительных автоматических формовочных линий (АФЛ);
- Короткий технологический цикл от подачи смеси в опоку до съема готовой полуформы и далее до сборки и заливки формы;
- Относительно низкие расходы на материалы (песок, бентонит, добавки). Высокий коэффициент повторного применения оборотной ПГС (98%);
- Максимальная возможность автоматизации процесса смесеприготовления, формовки, выбивки, контроля технологических параметров смеси, освежения добавками в замкнутом режиме и т.д.;
- Высокое качество поверхности отливок, высокая геометрическая точность отливок, минимальное количество дефектов на отливках по вине форм.

Автоматические формовочные линии для производства отливок в разовых формах по ПГС как основное оборудование современного литейного производства и технология уплотнения форм постоянно обновляются и совершенствуются. Большой научный вклад в развитие технологии ПГС в XX веке внесли отечественные ученые Н.П. Аксенов и П.Н. Аксенов, П.П. Берг, Г.Ф. Баландин, О.А. Беликов, Б.Б. Гуляев, Ю.А. Степанов, И.В. Матвиенко. В XXI веке уже на качественно новом уровне, в том числе благодаря развитию программных продуктов, исследования в области технологии ПГС проводятся под руководством заведующего литейной кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана д. т. н., проф. А.Ю. Коротченко. Технологические вопросы повышения качества отливок постоянно требуют все новых решений для каждой конкретно заданной номенклатуры отливок в быстро меняющихся условиях отдельно взятого литейного завода.

Длительное время в качестве основного формовочного оборудования литейных цехов по техно-

логии ПГС использовались АФЛ горизонтальных опочных форм, которые и сегодня обеспечивают «львиную долю» производства отливок в мире. По мировому опыту, в том числе и на отечественных литейных заводах, для «разгрузки» опочных АФЛ от номенклатуры мелких и простых отливок (в основном, бесстержневых) в 70–80-е годы иногда использовали линии вертикальных безопочных форм. Такая технология имела огромные недостатки по сравнению с горизонтальными опочными формами (по универсальности, технологичности, надежности и др.) в первую очередь именно из-за самого вертикального разъема форм. Однако АФЛ вертикальных безопочных форм применялись благодаря периоду особо массового производства отливок во второй половине XX века.

Наконец-то в начале 90-х годов был найден и окончательно сформирован, а в начале XXI века успешно реализован устойчивый разумный компромисс. Он позволил совместить преимущества безопочных АФЛ (компактность линии, отсутствие опочного парка) и одновременно устранить сопутствующие проблемы, связанные с вертикальным разъемом разовых песчано-глинистых форм — широкомасштабное внедрение концерном Sinto самых разных модификаций *безопочных АФЛ с горизонтальным разъемом форм*. Этот способ формовки был известен и ранее, но современный уровень его технической реализации позиционирует концерн Sinto бесспорным лидером в выпуске данного формовочного литейного оборудования с начала XXI века (табл. 1).

После эффективного освоения на сотнях литейных заводов мира АФЛ для горизонтальных безопочных форм, а также учитывая исторический переход от особо массового производства отливок к мелкосерийному и часто переналаживаемому, резко снизилась потребность в АФЛ с вертикальным разъемом безопочных форм — в пользу бесспорно более универсальных и эффективных горизонтальных форм.

Есть полезный термин — «Лучшая практика» (англ. *Best practice*) — формализация уникального успешного практического опыта. Согласно идее лучшей практики, в любой деятельности существует оптимальный способ достижения цели, и этот способ, оказавшийся эффективным в одном месте, может оказаться столь же эффективным и в другом. Впервые идею лучших практик сформулировал в 1914 году Фредерик Тейлор: «*Среди всего многообразия методов и инструментов, используемых в каждый момент каждого процесса, всегда есть один метод и инструмент, который работает быстрее и лучше остальных*».

Другой термин — «бенчмаркинг» — происходит от английского слова benchmark, «точка отсчета». В бизнесе бенчмаркинг — это механизм сравнения

показателей работы компании с показателями более успешных фирм. Руководитель Глобальной сети бенчмаркинга (Global Benchmarking Network) Роберт К. Кэмп дает такое определение бенчмаркингу: это постоянный процесс изучения и оценки товаров, услуг и опыта производства самых серьезных конкурентов либо тех компаний, которые являются признанными лидерами в своих областях. В настоящее время бенчмаркинг, использование его главного принципа «от лучшего к лучшему» возвращает к жизни и к успеху многие литейные заводы США, Японии, Западной Европы.

Бенчмаркинг как относительно новая функция маркетинговых исследований в области литейного производства — это процесс определения, понимания и адаптации имеющихся примеров эффективного функционирования завода с целью улучшения собственной работы. Он в равной степени включает в себя два процесса: *оценивание* и *сопоставление*. Обычно за образец принимают «лучшую» продукцию и маркетинговый процесс, используемые прямыми конкурентами и фирмами, работающими в других подобных областях, для выявления фирмой возможных способов совершенствования ее собственных продуктов и методов работы. Бенчмаркинг конкурентоспособности — измерение характеристики предприятия и его сопоставление с характеристикой конкурентов, исследование специфических продуктов, возможностей процесса или административных методов предприятий-конкурентов.

Получить информацию для инжиниринговых исследований о деятельности самых эффективных

литейных заводов мира можно, если целенаправленно и методично:

- посещать литейные выставки, конгрессы, семинары;
- читать статьи в журналах литейного производства и в Интернет;
- привлекать аналитиков в области модернизации литейного производства;
- проводить исследования конкурентов среди литейных заводов мира;
- анализировать референт-листы поставщиков литейного оборудования;
- опрашивать сотрудников литейных заводов об эффективном пути модернизации;
- изучать сайты западных литейных заводов, где есть информация по уровню технологического оснащения и эффективности производства.

Чтобы сформулировать проблему, важно понять, почему возник разрыв между результатами работы вашего завода и лидеров мирового и отечественных рынков. Руководство завода вместе с экспертами, аналитиками и сотрудниками по развитию должны взять для сравнения показатели эффективности — объем производства и выручка на одного сотрудника литейного завода, включая вспомогательный персонал. А далее поставить главные вопросы для маркетинговых исследований: почему и за счет чего конкурент «лучше»?

Следующий этап — анализ данных, в результате которого руководство завода должно получить информацию, за счет чего образовалось отставание между его компанией и компанией-эталонем. Эта

Таблица 1

Распространение по миру горизонтальных безопочных линий концерна Sinto, изготовленных на трех машиностроительных заводах в Японии, Германии и США

Поставки АФЛ концерна Sinto для горизонтальных безопочных форм с 1991 г.	Число АФЛ концерна Sinto для горизонтальных безопочных форм/различных модификаций				Всего АФЛ по странам мира, поставлено, ед.	Рост выпуска отливок в 2014 г. (к 2009 г.)
	Страна/модель	FBO	FCMX	FBOX		
Китай	92	85	—	21	<b>198</b>	+30,9%
США	151	—	4	7	<b>162</b>	+41,3%
Япония	49	28	18	16	<b>111</b>	+26,3%
Тайланд	3	1	2	53	<b>59</b>	+4%
Бразилия	21	—	3	17	<b>41</b>	+19,2%
Мексика	29	—	-	8	<b>37</b>	+11,2%
Индия	7	6	3	15	<b>31</b>	+34,6%
Турция	18	—	1	—	<b>19</b>	+69,8%
Россия и СНГ	7	—	—	2	<b>9</b>	0% и ?
Другие страны суммарно					<b>47</b>	
Всего каждой модели	393	120	34	167	<b>714</b>	

стадия выдвигает большие требования к творческим и аналитическим способностям участвующих в процессе анализа превосходства, т.к. анализировать — это не только осознавать сходства и различия, но и понимать взаимосвязи. Например, конкурент применял более современное автоматизированное формовочное и стержневое оборудование, которое было размещено в цехе с минимизацией пересечений потоков смеси, отливок, стержней, жидкого металла и т.д. Зная причины отставания вашей фирмы от компании-эталона, необходимо понять, как ликвидировать разрыв. Затем — быстро принять и реализовать решение.

Изучать передовой опыт других литейных заводов мира важно по многим причинам. Чтобы стать конкурентоспособными, надо быть в чем-то лучше конкурентов. Логичнее и дешевле учиться на чужих ошибках, а не на собственных. Можно только сожалеть, что у отечественных заводов пока много меньше АФЛ горизонтальных безопочных форм, чем в США, Японии и Китае, или даже в Турции (табл. 1). Темпы, которыми литейные заводы этих стран развиваются и модернизируются путем внедрения современных АФЛ для горизонтальных безопочных форм, просто поражают. В отечественном литейном производстве пока все обстоит совсем не так, как нужно было бы для быстрого повышения конкурентоспособности, поэтому и важен опыт зарубежных заводов — они сегодня основные конкуренты предприятия «Кронтиф-Центр» по перспективным программам импортозамещения и экспорта отливок.

Полезна любая техническая информация о мировых лидерах литейного производства. К примеру, необходимо предельно тщательно изучать технологию производства конкретной отливки конкурентов, вплоть до состава используемых модификаторов. Это важно, чтобы производить наши отливки в соответствии с международными стандартами, поскольку отечественные литейные заводы несколько десятилетий были оторваны от мирового опыта. Также сравниваем свою производительность труда с соответствующим показателем ведущих «литек» мира. Конечно, добывать информацию тяжело (в основном используются открытые источники из литейных журналов и сайтов заводов) — но переоценить ее важность невозможно, на ее основе можно сформулировать задачи в плане сокращения численности персонала и реструктуризации путем модернизации.

Всего на литейные заводы мира за очень короткий промежуток времени (начиная с 1991 года) концерном Sinto поставлено более 700 АФЛ по технологии безопочных форм. Все изготовленные линии имеют строго горизонтальный разъем — как универсальный и наиболее хорошо зарекомендовавший себя эффективный метод безопочной формовки.

*Анализ референт-листов различных поставщиков АФЛ за последние более 15 лет показал, что на литейных заводах России не было запущено ни одной линии горизонтальных безопочных форм производства других фирм из экономически развитых стран мира (кроме HWS-Sinto). Более того, в последние 25 лет другие изготовители аналогичных безопочных АФЛ минимум на порядок уступают концерну Sinto по числу поставленных АФЛ. Также характерно, что аналоги АФЛ других поставщиков пока не имеют опыта внедрения в России.*

При этом литейные заводы России и СНГ по числу внедренных безопочных АФЛ (горизонтальных форм) пока существенно уступают даже Турции и Мексике, которые производят гораздо меньше отливок. Поэтому период более активного внедрения безопочных АФЛ для модернизации литейного производства России еще впереди.

Высочайшее качество форм и отливок, производимых на формовочных линиях HWS-Sinto с горизонтальным разъемом, подтверждается многочисленными положительными отзывами заводов, которые эксплуатируют данное оборудование. Из последних отзывов ряда заводов России, Казахстана, Украины, которые эффективно используют горизонтальные безопочные формовочные линии фирмы HWS-Sinto, можно оценить основные преимущества их использования.

**Из отзыва Директора ООО «ЗСЗ», г. Запорожье г-на В.Г. Рязанова (Исх. № 7 от 05.01.2016):** *На ООО «ЗСЗ» — Запорожском сталелитейном заводе в 2011 г. была пущена в эксплуатацию автоматическая линия горизонтальной безопочной формовки FBO-IV фирмы HWS-Sinto, Германия производительностью 100 форм в час, что обеспечило производство широкого ассортимента сложных отливок. На линии за 2015 год освоено около 200 новых наименований отливок из чугуна и стали (включая «марганцовку» и «нержавейку») с металлоемкостью одной формы до 105 кг. ...Сегодня ООО «ЗСЗ» это современное литейное предприятие с высоким уровнем технологии, механизации и автоматизации производства. Производственная база позволяет обеспечить изготовление изделий на современном формовочном оборудовании с необходимым контролем качества, предусмотренным национальными и международными стандартами, специальными требованиями заказчика.*

*Отливки высокого уровня качества с торговой маркой ООО «ЗСЗ» от линии FBO-IV поставляются по Украине и за границу, что дает необходимую гибкость и обеспечивает высокую загрузку оборудования...».*

**Из отзыва Директора ООО «Днепропромлит» г-на Д.В. Усенко (Исх. № 229 от 08.04.2015):** *«ООО «Днепропромлит» — современное, высокотехнологичное литейное производство, сертифицированное по стандарту ISO 9001:2008. Благодаря высокому уровню технологической оснащенности предприятия ООО*



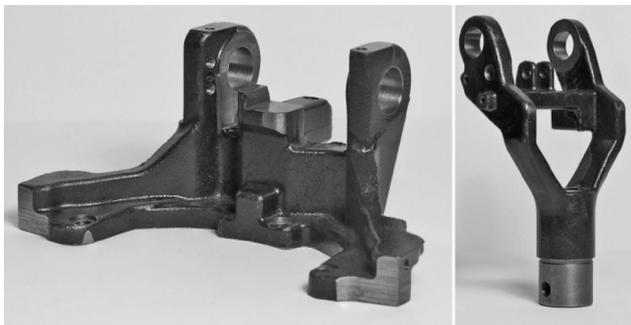
**Рис. 1.** Линия FBO-IV Запорожского сталелитейного завода

«Днепропромлит» может по праву считаться одним из инновационных и передовых предприятий рынка литейного производства восточноевропейского региона.

С самого начала, компания ООО «Днепропромлит» остановила свой выбор на прогрессивном процессе горизонтальной безопочной формовки, отличающейся высокими показателями и значительным качеством отливок на выходе. В связи с этим литье в песчано-глинистые формы (ПГС-процесс) на нашем предприятии выполняется с использованием машин горизонтальной безопочной формовки FDNX и FBO-II производства HEINRICH WAGNER SINTO.

В процессе работы нами были выделены такие ключевые достоинства машин FBO и FDNX от Heinrich Wagner Sinto, как высокая производительность, экологичность технологии, стабильное качество...».

Из отзыва Генерального директора ОАО «ЛМЗ», г. Семенов г-на В.К. Седунова (Исх. № 91 от 06.04.2015): «В рамках программы по развитию литейного производства с целью снижения трудоемкости изготовления отливок, повышения их качества и производительности в 2010 году на предприятии ОАО «Литейно-механический завод» (ОАО «ЛМЗ») запущен современный комплекс литейного оборудования на базе оборудования горизонтальных безопочных



**Рис. 2.** Отливки от линий горизонтальной безопочной формовки FDNX и FBO завода Днепропромлит

форм FBO-III фирмы HWS-Sinto, Германия. Производительность новой формовочной линии FBO позволила заменить сразу 3 пары встряхивающих машин.

Запуск линии FBO-III позволил ОАО «ЛМЗ» стать одним из ведущих производителей трубопроводной чугунной арматуры в Российской Федерации, производя качественную продукцию для нужд жилищно-коммунального хозяйства, водоканалов, теплосетей, нефтегазового комплекса. Помимо трубопроводной арматуры (DN50-DN150) на формовочной линии FBO-III производят поочередно чугунные и стальные отливки (на единой формовочной смеси, только меняя % влаги) — налажен выпуск отливок по чертежам любых заказчиков, напр. для автомобилей, сельскохозяйственного оборудования, комплектующих к насосам и пневмоинструменту и др.

Технология горизонтальной безопочной формовки по ПГС на линии FBO-III существенно повышает качество готовой продукции и обеспечивает высокую производительность. За время работы оборудования можно отметить следующие важные преимущества технологии FBO:

- Компактный размер: 3185 × 3830 мм (при размере формы 600 × 500 мм), производительность до 160 ф/ч; Выдает форму в сборе со стержнями, готовую к заливке; Монтаж без фундамента (напольный вариант, поставка в сборе); Низкие начальные инвестиции без необходимости использования опок и тележек в сравнении с традиционными опочными АФЛ;

- ПГС с обычным бентонитом без дополнительных требований, также горизонтальная форма существенно расширяет номенклатуру отливок (в отличие от формовочных машин с вертикальным разъемом форм); Простота простановки любых стержней в горизонтальную форму; Можно варьировать высоту верхней и нижней полуформ, что обеспечивает более низкий расход смеси, оптимизируя соотношению «металл — форма»;

- Возможность быстрой смены модельной оснастки, без использования дополнительного манипулятора; Нижняя половина формы доступна оператору во время рабочего цикла машины для быстрой, безопасной и легкой установки стержней;

- Легкость в настройке и управлении; Все машины оснащены сенсорными экранами (простота программирования, память всех моделей и т.д.); Минимальное время обучения операторов; Автоматический механизм контроля давления устройства подачи и пресования смеси обеспечивает равномерное уплотнение и гарантирует качественное изготовление сложных отливок с глубокими карманами и малой толщиной стенок;

- Уменьшение затрат на очистку и окончательную обработку отливок обусловлено тем, что машина FBO обеспечивает производство высококачественных отливок с равномерным качеством в серии и чистой поверхностью».



Рис. 3. Отливки с безоपной формовочной линии FBO-III Семеновского литейно-механического завода. Съезд Литейщиков России 2015, г. Нижний Новгород

Из отзыва Директора ТОО фирмы «СНН», г. Павлодар г-на А.Ю. Москалика (Исх. № 070/15 от 03.04.2015): «Хотим выразить нашу благодарность Вам и всему высококвалифицированному коллективу компании HWS за качество и надежность поставленного литейного оборудования».

Изначально нашей задачей было создание и развитие конкурентоспособного литейного завода. В 2007 году настоящим прорывом в технологии производства отливок в Казахстане стало приобретение в Германии у фирмы HWS-Sinto литейного оборудования — линии нового поколения для горизонтальных безо-



Рис. 4. Чугунная отливка запорной арматуры «Корпус Ду 100» от линии FBO-III Семеновского литейно-механического завода

пачных форм модели FBO III с производительностью 160 форм в час, обеспечивающей производство высокоточных и качественных отливок с минимальным припуском, что позволило выйти сразу на производительную мощность 500—600 тонн готового литья в месяц.

Благодаря этому ТОО фирма «СНН» на сегодняшний день представляет собой перспективное предприятие, оснащенное самым передовым оборудованием для изготовления отливок с широким спектром выпускаемой продукции, и пользуется авторитетом и уважением у потребителей и партнеров, список которых еженедельно расширяется.

Современные безопные формы на АФЛ серии FBO III благодаря горизонтальной плоскости разреза и инновационной технологии уплотнения Сейатцу-процесс имеют бесспорные преимущества в сравнении с широко используемыми в 60—70 годах АФЛ с вертикальным разъемом:

- *Равномерное заполнение и уплотнение формы для каждой отливки. Обеспечивается однородность структуры отливок независимо от их положения на модельной плите в отличие от вертикальных форм;*
- *Возможна формовка для большего числа отливок в одной горизонтальной форме в отличие от аналогичного размера вертикальной формы;*
- *Нет проблем неоднородности по телу отливки, что является особенно важным фактором при изготовлении осесимметричных вентилируемых тормозных дисков;*
- *Даже в высоких отливках снижена вероятность подрыва формы и прорыва металла, особенно при использовании жакетов и грузов;*
- *Возможна установка выпоров и экзотермических прибылей. Таким образом, возможно оптимизировать процессы затвердевания и избежать брака по газовой и усадочной пористости;*
- *Простановка стержня осуществляется в горизонтальном положении с возможностью доступа с трех сторон полуформы низа после ее вывода из рабочей зоны машины. Специальное автоматическое устройство простановки стержней не требуется. Это существенно увеличивает гибкость производства и уменьшает издержки».*

Прямое сравнение практики использования двух различных технологий изготовления безопных

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40



**Рис. 5.** Линия горизонтальной безопочной формовки FBO-III завода Progress, Болгария

форм — горизонтальной и вертикальной — выявляет следующие существенные недостатки при использовании последней:

- Производство на базе вертикальных форм не универсально — существуют колоссальные ограничения по выбору номенклатуры отливок;

- Вертикальная формовка сама по себе является предпосылкой для более низкого качества литья. Это в особенности касается т.н. осесимметричных отливок, которые заливаются в форме «стоя» — без гарантии качества и повторяемости;
- Вертикальные безопочные формы имеют повышенные требования к связующему бентониту — ведь длинную «шеренгу» форм толкают по склизу. Как правило, используется дорогостоящий импортный бентонит, т.к. отечественные аналоги с подходящими характеристиками найти довольно сложно;
- Вертикальная форма не защищена от прорыва жидкого металла по плоскости разъема, ведь формы не удерживаются ни опоками, ни жакетами;
- При вертикальной формовке нет возможности уменьшить плотность верхней полуформы для повышения газовой проницаемости (для исключения таких газовых дефектов, как пористость или раковины);



**Рис. 6.** Примеры чугунных отливок от безопочной линии FBO-III завода Progress, Болгария



**Рис. 7.** Простановка стержней (в т.ч. крупных) в безопочную форму на машине FBO. Нижняя полуформа выдается из зоны работы машины и подается вперед для облегчения операций

- Нет возможности обеспечить равные условия за- твердевания отливки круглой конфигурации по диаметру;
- Сложность простановки стержней в вертикаль- ную форму — низкая скорость простановки, сложность по расположению и форме стерж-невых знаков и т.д. Обязательно применение дополнительных устройств — простановщик стержней, комплект сменных захватов стержней, горизонтальный конвейер с набором палет по форме каждого нового стержня и т.д.

#### **Заключение**

Опыт эксплуатации линий горизонтальных без- опочных форм по ПГС на заводах по всему миру по- зволяет сделать следующие выводы:

— горизонтальный разъем безопочных форм — оптимальный выбор для оптимизации работы ос- новной опочной АФЛ;

- бесспорные преимущества применения в сравнении с вертикальной «безопочкой»;
- горизонтальные безопочные линии осно- вательно вытеснили с рынка АФЛ вертикальных форм;
- высокоэффективно применение данных АФЛ для небольших литейных производств;
- современный выбор многих заводов мира вза- мен технологии вертикальных АФЛ;
- простота простановки стержней без необходи- мости автоматического устройства;
- высокая универсальность по выбору номен- клатуры отливок и др.

#### **Использованная литература:**

1. Gießerei-Rundschau 60 (2013) «Kein Gussstück kann besser sein als die Form zulässt».
2. Gießerei-Praxis 2/2004 Moderne Formmaschinen und — verfahren.