

ней можно добиться более эффективной борьбы с трещинообразованием в отливке.

Анализ влияния геометрических параметров отливки на контактное давление P_k показал, что с увеличением внешних размеров при постоянной толщине ее стенки контактное давление снижается, а следовательно, уменьшаются растягивающие деформации, наиболее опасные при образовании горячих трещин [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в работе математический аппарат позволяет учесть физическое состояние, геометрические параметры, а также технологические факторы, влияющие на силовое взаимодействие отливки и стержня. Полученные формулы могут быть использованы инженерами-технологами для анализа процесса изготовления литой заготовки с целью предварительного прогнозирования возможности образования горячих и холодных трещин в отливке, полости которых формируются цилиндрическими стержнями. Работа ведется в рамках выполнения НИР по ГЗ2014-03.

Список литературы

1. Баландин Г.Ф., Степанов Ю.А. О силовом взаимодействии затвердевающей отливки и формы. – Литейное производство, — 1962, — № 4, с.37-41.
2. Гуляев Б.Б. Литейные процессы. М.: Машгиз, 1960. 416 с.
3. Константинов Л.С., Трухов А.П. Напряжения деформации и трещины в отливках. М.:Машиностроение, 1981. 199 с.
4. Колокольцев В.М. Производство чугунных отливок. Учебник / Колокольцев В.М., Белов В.Д., Вдовин К.Н., Тен Э.Б. и др. Магнитогорск: МГТУ. 2009, 2011. — 405 с.
5. Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. — 760 с.
6. Морозейский Л.И., Митенев О.А. Исследование отливки широких слябов в кристаллизаторы с волнистой поверхностью/Сб. научн. тр. Проблемы стального слитка. Физико-химические процессы кристаллизации стальных слитков. М.: Металлургия. №2. 1967. С. 439-447
7. Исследование физических свойств сухих песчано-глинистых литейных форм/ Савинов А.С., Тубольцева А.С., Дзюба В.П., и др. — М., 2012. — 10 с. — Деп. в ВИНТИ 11.03.2012, №82 — В2012
8. Определение сопротивления деформации сухих песчано-глинистых смесей в разных температурных условиях/ Савинов А.С., Андреев С.М., Зарицкий Б.Б. и др / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012661211.

Ю.В. Голенков

Стержневые технологии и оборудование Laempe на ведущем чугунолитейном заводе Германии – Fritz Winter

СОСТОЯНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ГЕРМАНИИ

По объему выпускаемой литейной продукции (5,2 млн. т) Германия заняла в 2012 г. пятое место в мире после Китая (44,5 млн. т), США (12,3 млн. т), Индии (9,8 млн. т), Японии (5,5 млн. т) [1].

Основные особенности литейной промышленности Германии — высокий уровень инноваций, автоматизации и рентабельности (100-130 тонн литья и соответственно 130-320 тыс. Евро на сотрудника). Капиталооборот в результате сбыта литейной продукции «Made in Germany» в 2012 г. превышал 12 млрд. Евро. По среднему выпуску отливок в тоннах на одного сотрудника, занятого в литейном производстве, Германия сильно опережает остальные «литейные» страны [2].

Прогноз Общества Немецких Литейщиков на развитие литейной промышленности Германии в период 2015-2020 гг. — стабильность производства в номинальном производственном

Приведена оценка производства отливок в Германии — объемы, особенности, техническая оснащенность. Проиллюстрирован опыт сотрудничества одного из самых крупных литейных заводов мира Fritz Winter и фирмы Laempe по поставкам современного стержневого оборудования.

Ключевые слова: современные технологии изготовления стержней, ColdBox-Амин-процесс, показатели эффективности литейного производства.

Golenkov Y. Core-making technology and equipment by leading iron foundry in Germany – Fritz Winter. The article provides an overview of casting production in Germany (volume, characteristics, equipment level), and shows the cooperation experience of one of the biggest foundries worldwide Fritz Winter and Laempe in delivering of modern core-making equipment.

Key words: Modern technologies of core-making, ColdBox-Amin-process, efficiency factors.

режиме при среднем уровне загруженности производственных мощностей 75-85% и с ожидаемым годовым ростом производства 1-3% [3].

Основной потребитель отливок «Made in Germany» — автомобильная промышленность. Сбыт в автомобильной промышленности находят не менее 60% от всех произведенных в Германии отливок из черных и не менее 75% отливок из цветных сплавов, в основном из алюминия. К отраслям, которые массово применяют литые заготовки, можно отнести арматурную и электротехническую промышленность, общее машиностроение, энергетику [3].

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ LAEMPRE НА ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДАХ ГЕРМАНИИ

За последние 25 лет группа Laempre поставила на заводы Германии более 3000 единиц стержневого оборудования, а также десятки автоматизированных стержневых участков. Соответственно для передового уровня оснащенности литейного производства в других странах со сравнимыми объемами производства отливок также необходимо достичь таких показателей и по числу стержневых центров Laempre, например для России — около 3000 ед..

Бесспорен вклад Laempre в развитие литейного машиностроения и автоматизации технологических процессов. Так, например, еще в 2003 г. фирма Laempre получила приз от известного технологического концерна ABB за самое массовое внедрение роботов ABB в литейной промышленности.

Огромный вклад фирмы Laempre в разработку инновационных идей и по внедрению метода «литье в стержнях». Стержневые пакеты — это необходимое условие для серийного производства отливок блоков двигателей или головок цилиндров на современных АФЛ.

В 2001 г. фирмой Laempre разработано неорганическое связующее. Патентовано в 2003 г. и официально представлен на Международной литейной выставке GIFA в г. Дюссельдорф в 2004 г. метод изготовления стержней из неорганических связующих BeachBox на стержневых автоматах Laempre. Эти разработки Laempre дали новый качественный толчок в развитии литейной химии. В настоящий момент современные версии неорганических связующих с успехом применяются при производстве стержней для блочного литья на заводах немецких концернов VW и BMW.

КОРОТКО О ЧУГУНОЛИТЕЙНОМ ЗАВОДЕ «FRITZ WINTER»

Fritz Winter Eisengießerei — крупнейший чугунолитейный завод Германии, основанный в 1951 г. в городе Штадталлендорф (земля Гессен, Германия). На трех производственных площадках Fritz Winter выпускает около 600 000 т отливок в год. Персонал насчитывает более 3700 сотрудников, из них 2800 — работают на головном предприятии в г. Штадталлендорф. Годовой капиталоборот Fritz Winter 700 млн. Евро (754 млн. Евро на 505 000 т отливок и 3570 сотрудников — в 2011 год).

О высокой эффективности литейного производства свидетельствуют следующие показатели: объем производства 141,5 т и объем продаж отливок 212 000 Евро в год на одного сотрудника, включая вспомогательный персонал.

Завод специализируется на производстве отливок из легированного и нелегированного серого и высокопрочного чугунов, а также блочного литья из чугуна с вермикулярным графитом (рис. 1, 2). Вес отливок от 1 до 3 000 кг [4].

Типичные представители отливок — блоки двигателей, коробки передач, оси, тормозные диски. Основные клиенты — ведущие автомобильные концерны, например VW, Daimler, BMW, Renault, Volvo, Ford, Fiat, Peugeot, Citroen, Toyota, Kia, Isuzu, GM. Завод поставляет отливки и в Россию на Ярославский моторный завод (ЯМЗ) Группы ГАЗ.



Рис. 1. Склад готовой продукции Fritz Winter — отгрузка отливок блоков двигателей.

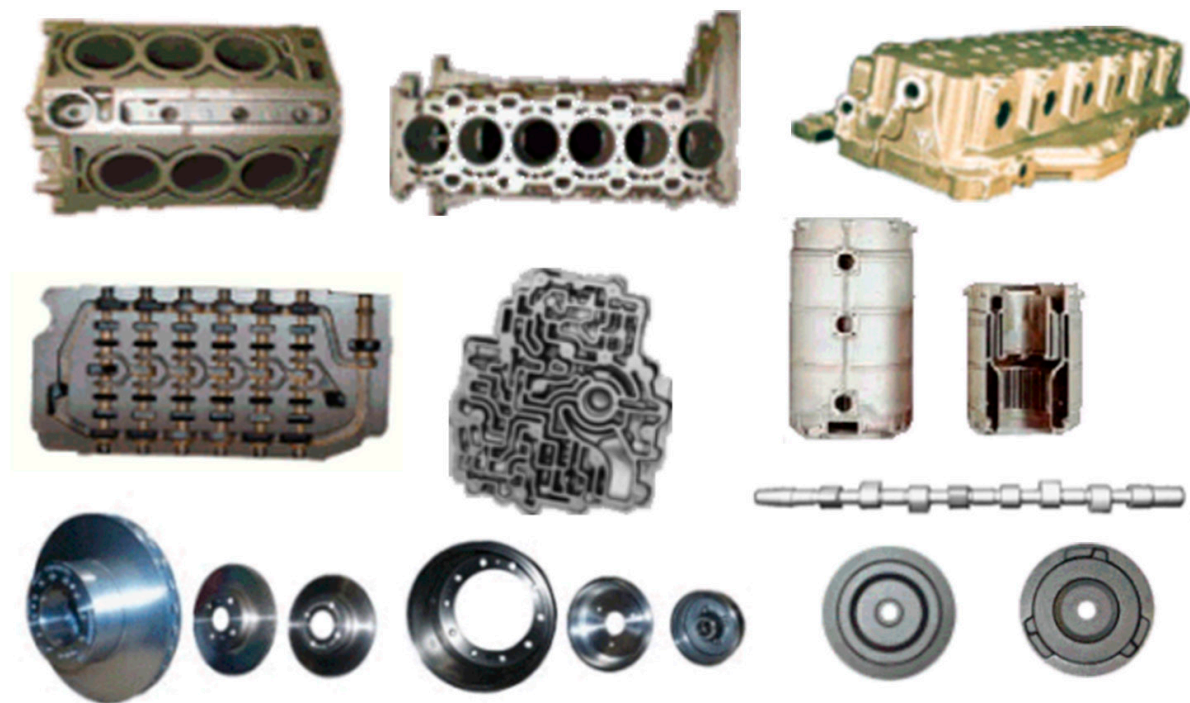


Рис. 2. Типичные отливки-представители завода Fritz Winter.

Другое направление из производственной программы Fritz Winter — отливки для гидравлических клапанов и систем. Основные клиенты по этому направлению — Bosch Rexroth, Parker, Hydac. Доля экспорта превышает 50% [4].

Активное внедрение последних достижений литейных технологий, постоянное обновление технологического парка оборудования и высокая рентабельность выпускаемой продукции — основные причины, притягивающие к чугунолитейному заводу молодежь. Только за последние два года на Fritz Winter завод пополнился более 380 молодыми рабочими.

Руководство завода обеспечивает технические возможности и участие квалифицированного персонала для обучения до 50 молодых специалистов в год. Эти кадры проходят многолетнюю практику в условиях классической немецкой «двойной» системы образования (учебный процесс с параллельным участием в практических курсах работы в реальном производственном процессе). Большинство из уже обученных молодых людей после получения диплома остаются на постоянной работе на Fritz Winter [5].

Некоторые факты из истории технологического развития завода [4]

- 1959 г. Получение первой серии отливок блоков двигателей.
- 1975 г. Производство первой серии отливок вентилируемых тормозных дисков
- 1990 г. Поставка первой партии отливок в Россию.

- 1994 г. Производство первой партии отливок из чугуна с вермикулярным графитом.
- 2003 г. — Разработка инновационной технологии Verifer [7-9] получения легированного чугуна с вермикулярным графитом, отличающегося повышенными физико-механическими и технологическими свойствами.
- 2007 г. Запуск сверхсовременного стержневого участка с максимальным уровнем автоматизации.

СОТРУДНИЧЕСТВО LAEMPE С ЧУГУНОЛИТЕЙНЫМ ЗАВОДОМ FRITZ WINTER

Общее количество поставленного на чугунолитейный завод Fritz Winter оборудования Laempe в периоде 2000-2014 гг. — 25 стержневых центров, шесть из которых — роботизированные участки производства и последующей обработки стержней, в основном для отливок тормозных дисков (рис. 3-6).

В марте 2015 г. Laempe получила новый заказ на поставку стержневого центра на базе стержневого автомата LHL для производства стержней вентилируемых дисков. Номинальная производительность стержневого автомата LHL (с пескострельной головкой 50 литров) на холостом ходу составляет 15 сек. В соответствии с актуальными потребностями завода стержневой центр Laempe будет иметь возможность производить до 480 стержней тормозных дисков с максимальным внешним диаметром 415 мм в час.

Разработанный в 2010 г. стержневой автомат Laempe типа LHL — последнее поколение

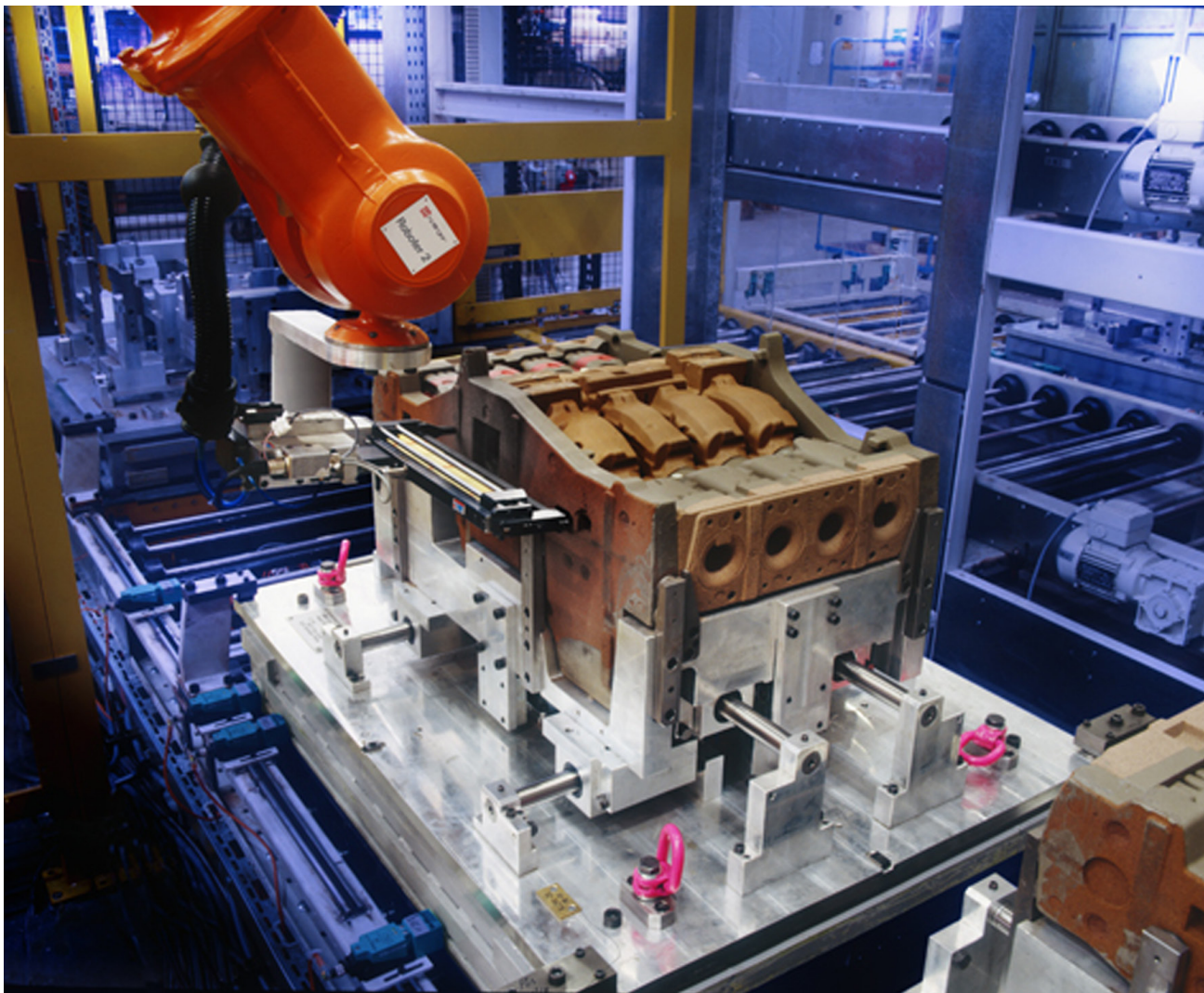


Рис. 3. Роботизированный участок сборки и спаренного стержневого пакета для получения двух отливок 4-х цилиндрических рядных грузовых двигателей на чугунолитейном заводе Fritz Winter, Германия.

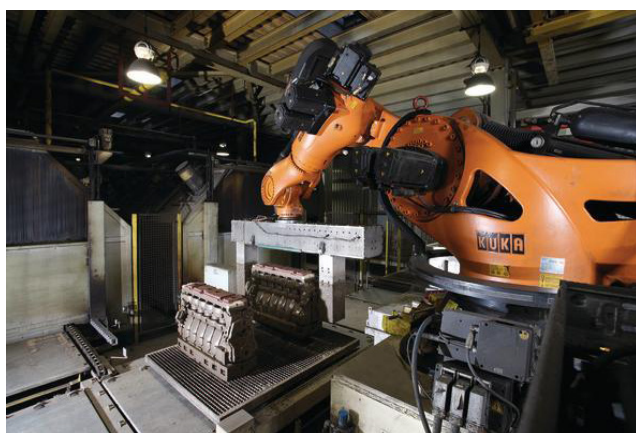


Рис. 4. Фрагменты автоматизированного участка производства стержневых пакетов для грузовых блоков на чугунолитейном заводе Fritz Winter, Германия.

высокопроизводительной стержневой техники. Прототип стержневого автомата LHL был пока-

зан впервые на международной выставке GIFA в 2011 г (рис. 7).

Характеристики стержневых автоматов Laetpre типа LHL [10]

- Максимально допустимые размеры стержневой оснастки — 1600 x 2000 x 950 мм.
- Максимально допустимый вес применяемой стержневой оснастки — 10 т.
- Объем надувной головки от 40 до 300 л.
- Размеры надувной плоскости (ШхГ) — 1350 x 1600 мм.
- Максимальное усилие запирания стержневой оснастки, обеспечивающее плотное замыкание ящика во время цикла изготовления стержней (надув и продувка) — 100 т.
- Минимальный машинный цикл на холостом ходу (без надува и продувки) — 15 сек.

Основные конструктивные особенности стержневого автомата LHL

- Стабильная 4-колонная несущая конструкция, на которой подвешены верхняя рама машины и траверсы для крепления верхних частей стержневых ящиков.
- К верхней раме машины прикреплен кареткой пескострельного и продувочного механизма. К основанию корпуса машины прикреплены каретка стола с встроенным роликовым транспортером для установки и подачи стержневой оснастки в машину.
- Автоматизированная система наладки комплекта стержневой оснастки на машине.
- Автоматизированная система замены комплекта стержневой оснастки.
- Пескострельный механизм со сменной головкой. При необходимости возможно исполнение стержневого автомата LHL с двумя надувными головками. Гидравлические фиксаторы для быстрой замены надувных головок, а также для замыкания/размыкания пескострельных плит к надувным головкам. Оптическая система



Рис. 5. Примеры съема стержней вентилируемых тормозных дисков для грузовых машин на чугунолитейном заводе Fritz Winter, Германия.



Рис. 6. Пример сборки стержней грузового V8 блока в пакет.

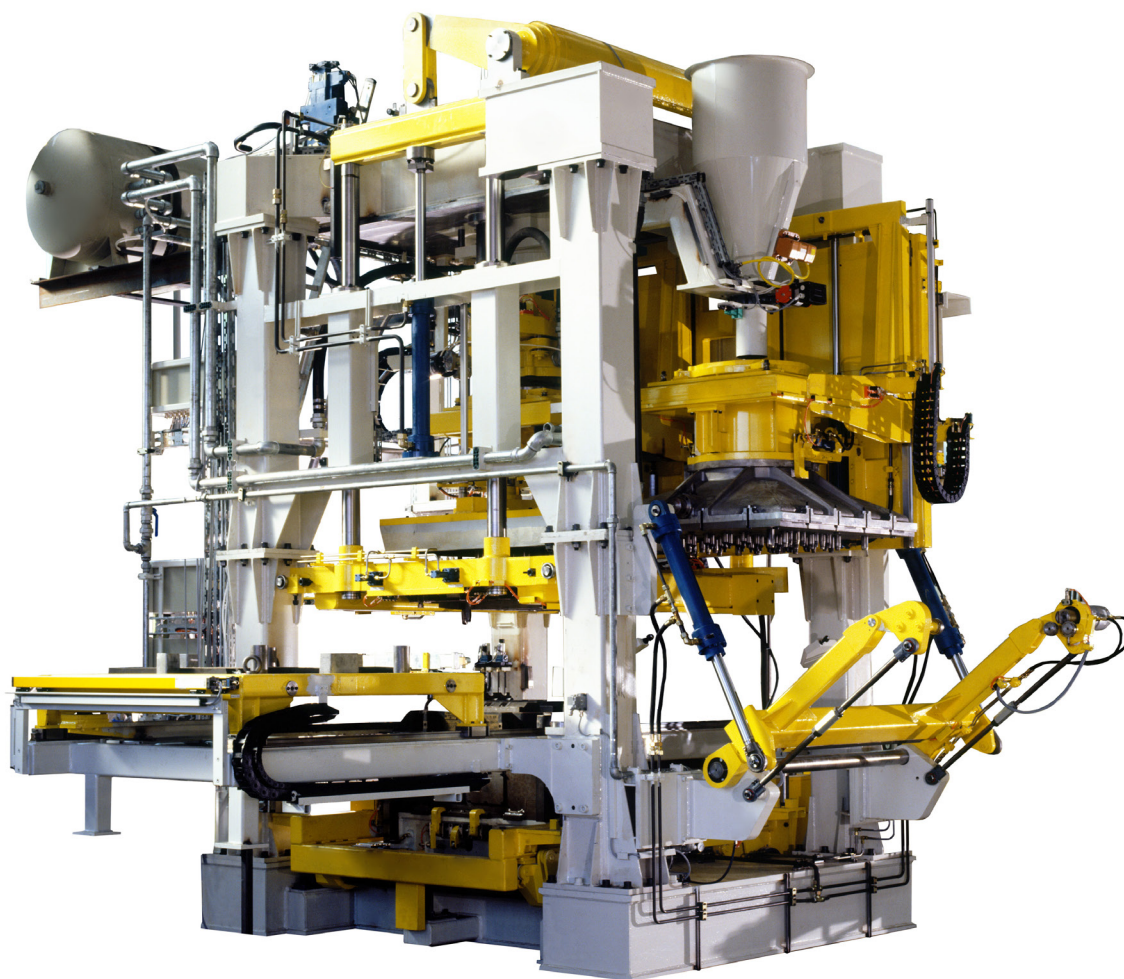


Рис. 7. Общий вид прототипа стержневого автомата Лаепре типа LHL — премьеры на стенде Лаепре во время выставки GIFA-2011 в г. Дюссельдорф, Германия.

контроля уровня заполнения надувной головки стержневой смесью.

- Общая каретка для пескострельного и продувного механизма. При исполнении стержневого автомата для «холодных» процессов продувной механизм выполняется с встроенной верхней толкательной плитой.

Стержневой автомат LHL по заказу Fritz Winter оснащен газогенератором LGi по ColdBox-Амин-процессу — новейшей технологической разработкой Лаепре.

Газогенераторы LGi обеспечивают воспроизводимую точность дозировки 0,1% от объема хода дозировки. Это возможно благодаря принципиально новому бесступенчатому принципу работы дозирующего узла. Оператор имеет возможность настраивать и наблюдать на цифровом дисплее пульта управления температуру испарения жидкого амина, температуру перегрева амино-воздушной смеси, динамику изменения давления продувки амино-воздушной смесью за время продувки и таким образом управлять минимальным рас-

ходом амина для конкретных условий производства стержней по ColdBox-Амин-процессу в установленном на стержневом автомате конкретном стержневом ящике. По сравнению с классическими газогенераторами на базе поршневых дозирующих насосов последнее поколение газогенераторов LGi дает возможность снизить расход жидкого амина до 60%, а также общую продолжительность цикла продувки до 40%.

Таким образом, только одним стержневым автоматом LHL50, оснащенным газогенератором LGi, можно производить до 2,5 млн. стержней тормозных дисков для грузовых автомашин в год. Что эти цифры означают можно понять, анализируя статистику данных по выпуску новых грузовых машин в Германии за 2014 г, а именно: 536 000 шт./год, из них Daimler AG — 371 000 шт. (мировой лидер) и соответственно VW-Group (занимает 5 место в мире, основной бренд группы — M.A.N. — 165.000 шт.). Одним стержневым центром Лаепре обеспечивается годовая потребность в стержнях для отливок «грузовых вентилируемых дисков» для двух крупных немецких производителей.



Рис. 8. Вид сверху на участок автоматической протановки стержней АФЛ фирмы HWS-Sinto. Завод Fritz Winter.

Именно по причине высокой производительности стержневого оборудования Laetpre, руководство намеревается модернизировать литейный завод поэтапной закупкой нескольких подобных стержневых центров. Обсуждаются варианты производства стержней с полной автоматизацией съема и последующей обработки стержней, включая окрашивание антипригарной краской. Чугунолитейный цех также оснащен са-

мым современным оборудованием для изготовления форм [11]. «Сердце литейного цеха» — современные высокопроизводительные АФЛ фирмы HWS-Sinto, Германия, работающие по технологии уплотнения форм «Сейатцу-процесс» (опока 850x850x220/400 и 400/220 мм, 220 ф/ч; опока 1120x1080x350/250 мм, 250 ф/ч; технология уплотнения — воздушный поток и последующее многоплунжерное прессование) — рис. 8-10.



Рис.9. Участки АФЛ фирмы HWS-Sinto, Германия по Сейатцу-процессу на заводе Fritz Winter, Германия (опока 1120x1080x350/250 мм, 250 ф/час, отливки тормозных дисков для грузовиков).

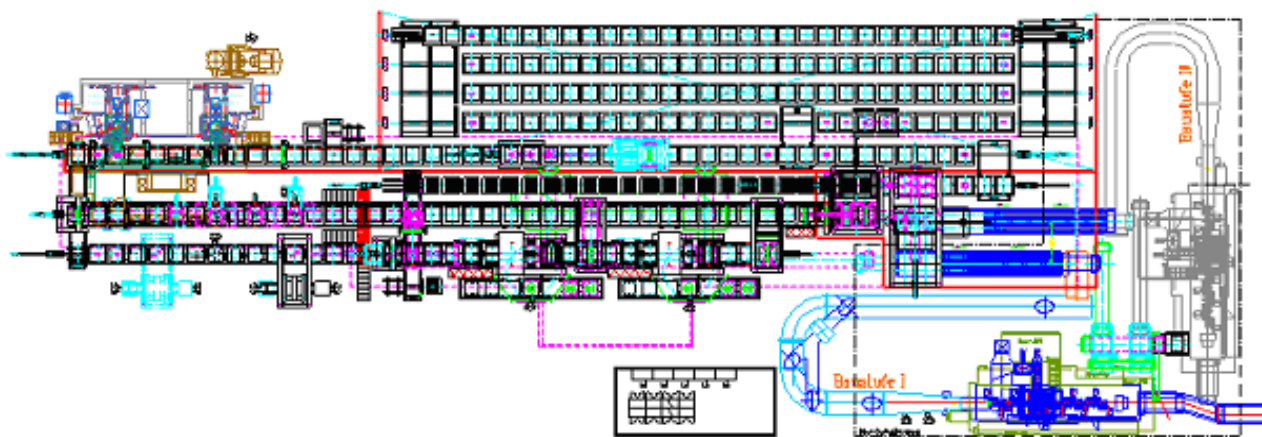


Рис. 10. Чертеж формовочной линии HWS-Sinto по Сейатцу-процессу на Fritz Winter: тип EFA-SD, размер опок 1120x1080x350/250 мм, производительность 250 ф/ч.

В середине октября 2003 г. завод Fritz Winter Eisengie ßerei запустил в эксплуатацию новый литейный цех G7 в рамках расширения производства по выпуску тормозных дисков для легковых автомобилей. В основе расширения производства — высокоскоростная формовочная линия HWS-Sinto, Германия по Сейатцу-процессу, тип EFA-SD. Данная формовочная линия имеет следующие характеристики: размер опок: 1120x1080x350/250 мм, производительность — 250 комплектных форм/час [6].

Благодаря тому, что тормозные диски заливаются в горизонтальные формы, структура литья получается однородной и имеет меньшие предпосылки к образованию пористостей и других литейных дефектов. Среди других преимуществ — высокая размерная точность отливок и минимизация сдвигов формы, т.е. полная «повторяемость» отливок. Также и смена модельной оснастки происходит без потерь времени в такте формовочной линии.

Заключение

Немецкая литейная промышленность продолжает стабильно развиваться, а сотрудничество Laempe с немецкими литейщиками, в том числе с литейным гигантом Fritz Winter, сохраняет свою повышенную динамику.

Список литературы

1. Modern Casting, Dec. 2014, p.17...21,
2. А. Попов Анализ литейного производства Германии на базе опыта последних проектов Laempe // Литейщик России. — 2014. — №05.
3. Экономический обзор Германии, выпуск 2014 г., www.gtai.com/ru
4. Сайт компании Fritz Winter, www.fritzwinter.de
5. Aktiv, Hessenmetall, Ausgabe 30.08.2014, www.aktiv-online.de

6. Gie ßerei-Rundschau, 52 (2005), стр. 277...278
7. Konstruieren + Gie ßen, 30 (2005), H4, стр. 16...22
8. Gie ßerei-Erfahrungsaustausch, 9/10, 2014, стр. 28...34
9. Konstruieren + Gie ßen, 33 (2008), H4, стр. 2...33
10. Попов А. — Стержневые автоматы фирмы Laempe последнего поколения // Литейное производство. — 2013. — № 03
11. Буданов Е. Опыт модернизации ведущего литейного производства Германии — завода Fritz Winter // Литейное производство. — 2005. — №5. — С. 26-30.