

## Технологии фирмы Laempe на литейных заводах китайского автомобильного концерна «Dongfeng Motor»

В статье показан опыт освоения производства литых автокомпонентов на примере крупного китайского производителя Dongfeng, а также дается анализ компетенции данного автозавода как одного из самых высокоэффективных и крупнейших производств автомобилей в мире.

**Ключевые слова:** автокомпоненты, алюминиевые отливки, головка блока цилиндров, стержневые автоматы, литейное оборудование в Китае, технологии Coldbox-Amin-процесс и BeachBox-процесс.

The article deals with successful experience of casting production of automotive parts by the example of Dongfeng company from China, and shows analysis of this producer as a most effective car producer worldwide.

**Keywords:** automotive components, Al castings, cylinder head, core-making machines, foundry equipment in China, Coldbox-Amin and BeachBox technologies.

Как известно, Китай с объемом производства 49,4 млн. тонн отливок в год (2017 г.) — бесспорный мировой лидер в области изготовления отливок независимо от сплава, при этом большая доля производимых отливок приходится именно на автокомпоненты.

Сотрудничество немецкой фирмы Laempe с литейными заводами Китая имеет место уже длительное время [1, 2]. За последние 20 лет фирма Laempe поставила заводам Китая более 1500 единиц оборудования. Среди заказчиков — такие известные автоконцерны и производители литых автокомпонентов в Китае как Teksid, FAW, Nematik, Georg Fischer, Ford Mazda Engine Co., Kolbenschmiedt Pierburg, Great Wall, Jeep и др.

Китай лидирует как по выпуску отливок автокомпонентов, так и самих автомобилей. Так, согласно данным Ассоциации европейских производителей автомобилей (АСЕА), объем производства мирового автопрома в 2017 году составил 98,9 млн. автомобилей. Больше всего а/м было произведено именно в Китае — 29,5 млн. ед. (30% от общего количества), затем следуют Европа и Северная Америка [3].

Что касается грузовых а/м — в Китае в 2017 году произведено около 5,7 млн. ед., т.е. 30% от всех произведенных в мире грузовиков, далее идут США и страны Европы [3]. Для сравнения — согласно данным Росстата, производство грузовых автомобилей в России в 2017 году составило 162 тыс. ед., из которых КамАЗ выпустил 39,5 тыс.

Выбор этого китайского завода в качестве примера для анализа и оценки модернизации литейного производства не случаен. Уже 10 лет назад китайская компания Dongfeng Motor Group (DFMG) занимала 2-е место среди мировых производителей средне- и крупнотоннажных грузовиков [4].

Корпорация Dongfeng Motor с объемом продаж 93,294 млрд. долларов США прочно занимает место в первой сотне мировых компаний, находясь на 65-й позиции согласно списку Fortune Global 500 за 2018 год (рейтинг 500 крупнейших мировых компаний по объему продаж). Среди компаний Китая Dongfeng занимает 16-е место, а в китайской автомобильной промышленности — 2-е место и входит в первую десятку крупнейших мировых автопроизводителей [5].

Dongfeng — один из крупнейших производителей грузовых машин в мире.. Кроме внутреннего рынка компания активно развивается на экспортных рынках, включая РФ [5].

Компания Dongfeng за 2017 год выпустила ок. 3,3 млн. автомобилей, в том числе 469 тыс. коммерческих транспортных средств, из которых 216 тыс. — крупнотоннажные грузовики, 41,2 тыс. — среднетоннажные, 154,8 тыс. — легкие грузовики. Выпуск легковых автомобилей (вкл. минивэны и кроссоверы) превысил 2,8 млн. единиц. По оценке Китайской ассоциации производителей автомобилей (China Association of Automobile Manufacturers), в 2017 году совокупная доля Dongfeng в Китае составила 11,4% среди китайских производителей от всех проданных легковых и коммерческих автомобилей.

## Технологии и оборудование Laetpre на заводе Dongfeng

В 2001 г. фирма Laetpre разработала и в 2003 г. впервые официально представила на выставке литейного оборудования GIFA в г. Дюссельдорф (Германия) экологически чистое связующее LKBinder на основе смеси неорганических солей, а также стержневой автомат, работающий по BeachBox-процессу для получения стержней на базе связующего LKBinder.

Dongfeng использует именно эту технологию изготовления стержней — BeachBox-процесс на основе экологически чистого неорганического связующего. Стержневая смесь подается в пескострельную головку стержневого автомата, который оснащен электрической системой нагрева стержневого ящика до 120...180 °С, а также динамической системой LMU для периодической подачи водяных паров в пескострельные сопла с целью предотвращения их «засорения» стержневой смесью. Отверждение стержневой смеси в стержневом ящике происходит в результате теплообмена с горячими формообразующими поверхностями, а избыточная влажность удаляется продувкой стержневого ящика нагретым воздухом.

Представление метода BeachBox и комплекса оборудования для его реализации существенно активизировало исследовательские работы по созданию современных версий экологически чистых связующих систем с комплексными технологическими свойствами, не уступающими свойствам стержневых смесей по классическому и массово применяемому Coldbox-Amin-процессу.

В результате этого поиска за последние 10 лет в мировой литейной практике появились и хорошо зарекомендовали себя различные стержневые смеси на основе неорганических связующих для получения стержней на современных пескострельных автоматах, такие как CORDIS (разработка компании Httenes-Albertus), INOTEC (разработка компании ASK) и др.

Современные варианты таких стержневых смесей основываются на модифицированном жидком стекле с различными неорганическими добавками. Классические рецептуры стержневых смесей: 100 вес-% кварцевого песка и 1,5...3,0 вес-% неорганического связующего в жидкотекучем состоянии. Некоторые рецептуры содержат и добавки, которые обычно не превышают 20% от весовой доли связующего. Для быстрого и качественного макро- и микроперемешивания компонентов применяются смесители с быстровращающимся инструментом.

Физико-химический процесс отверждения стержневых смесей на основе неорганических связующих производства ASK Chemicals ранее описывался в специализированных изданиях [6]. Согласно данной публикации, отверждение происходит на базе дегидратации жидкого стекла, причем образование пространственных мостиков силикатного геля вокруг песчаных зерен становится возможным только при помощи специальных добавок, названных «промоторами», которые «сшивают» отдельные молекулы по свободным валентностям между кислородными атомами (рис. 1).

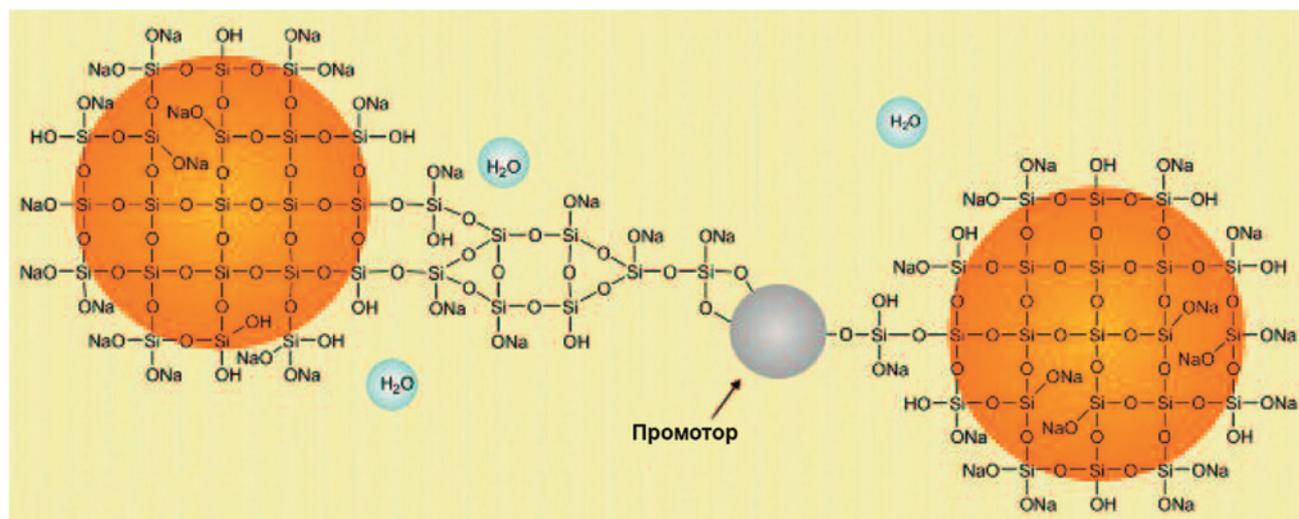


Рис. 1. Схема отверждения неорганического связующего INOTEC



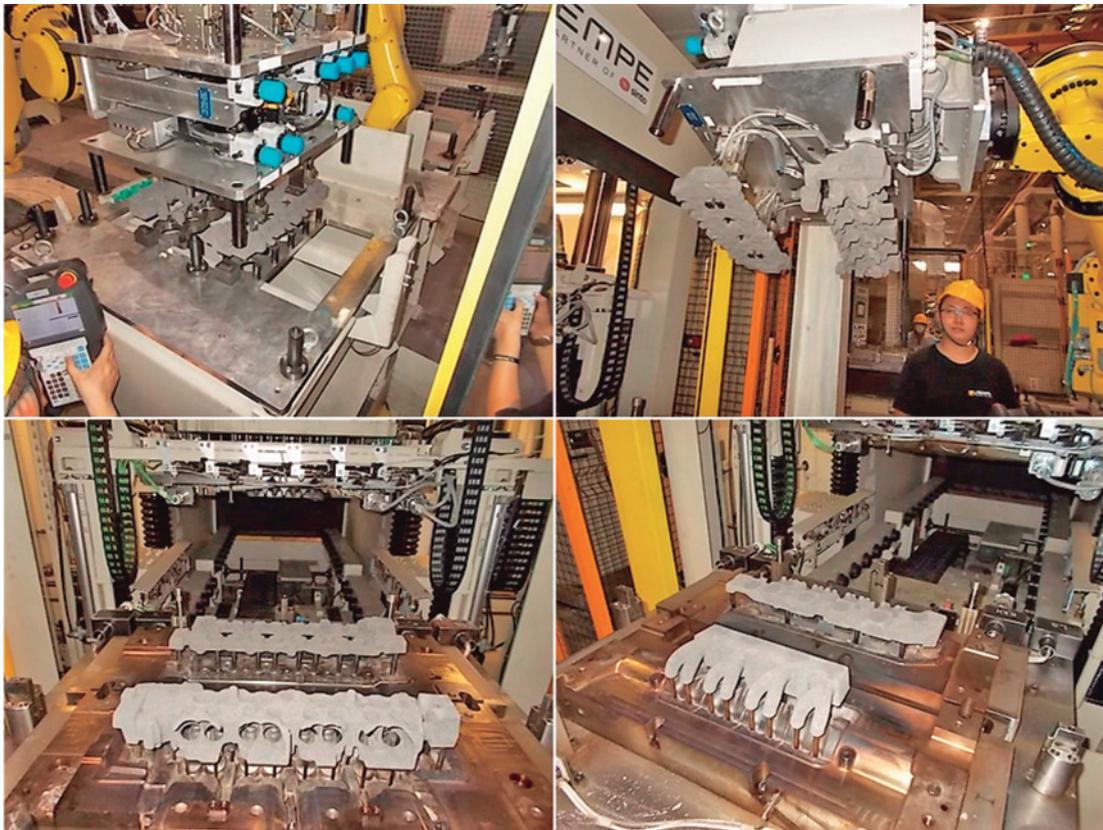
**Рис. 2.** Фрагмент автоматизированного производственного центра Laempe на литейном заводе Dongfeng

По причине того, что дегидратация протекает относительно медленно, конвективный нагрев формообразующих частей стержневой оснастки, как и продувка нагретым свыше 100 °С воздухом, являются физическими методами ускорения процесса затвердевания стержней.

Стержни по BeachBox-процессу производят серийно на литейных заводах, выпускающих отливки из алюминиевых сплавов, в основном литые автокомпоненты (например, блоки и головки блоков цилиндров легковых машин). На некоторых чугунолитейных заводах Германии проводятся полупромышленные испытания для внедрения современных неорганических систем стержневых смесей также при производстве тонкостенных чугунных отливок (например, вентилируемых тормозных дисков), но серийное производство стержней для отливок из черных сплавов пока находится на начальном этапе.

Для своего алюминиевого литейного завода г. Гуанчжоу компания Dongfeng в 2016 г. заказала автоматизированный участок производства стержней для отливок «головка блока цилиндров» двигателей легковых машин (рис. 2–5). Основные компоненты автоматизированного участка Laempe:

- два пескострельных автомата LFB25H (рис. 2),
- робот для последовательного съема стержней с каждого пескострельного автомата (рис. 4),



**Рис. 3.** Фрагменты из процесса изготовления стержней по методу Beachbox с применением технологий Laempe на литейном заводе Dongfeng



**Рис. 4.** Мультифункциональный захват Лаемпре для робота Fanuc, применяемого для съема и транспортирования стержней «коллекторов» и «водяных рубашек» для алюминиевых отливок головок блоков цилиндров на литейном заводе Dongfeng



**Рис. 5.** Один из двух стационарных участков Лаемпре для зачистки заусенцев с применением мини-роботов Fanuc на литейном заводе Dongfeng

- четыре мини-робота для зачистки заусенцев на стержнях (рис. 5),
- система смесеприготовления и снабжения пескострельных автоматов стержневой смесью,
- система для автоматической замены комплектов стержневой оснастки на каждом из двух пескострельных автоматов.

В настоящий момент этот процесс, разработанный в 2001 г. фирмой Лаемпре, с нарастающей динамикой внедряется на литейных заводах ведущих автомобильных концернов

мира и служит для получения высокоточных отливок из алюминиевых сплавов в случае их производства традиционными методами гравитационного литья или литья под низким давлением в металлические формы или в стержневые пакеты.

#### **Пескострельные автоматы Лаемпре для VeachBox-процесса**

Специально для серийного производства стержней по VeachBox-процессу кроме своей классической серии LFB Лаемпре также пред-

лагают пескострельные автоматы специально-го исполнения — тип LCB и LHL.

Стержневой автомат может быть выполнен одновременно как для «холодной», так и для «горячей» оснастки, т.е. дает возможность производить на одной машине стержни как по всем современным методам «холодного» отверждения продувкой газом-отвердителем, так и по методам «горячего» отверждения, без существенных перерывов на переналадку технологического процесса.

Технологические возможности пескострельных автоматов Laempe типа LCB:

— Макс. размеры применяемой стержневой оснастки — 1400 × 1800 × 1000 мм.

— Макс. вес применяемой стержневой оснастки 5 т.

— Объем пескострельной головки — 30...100 л.

— Размеры надувной плоскости — 1200×1600 мм.

— Макс. усилие запираания стержневой оснастки, обеспечивающее плотное замыкание ящика во время цикла изготовления стержней (надув и продувка) — 100 т.

— Цикл стержневого автомата на холостом ходу (без надува и продувки) — 30 сек.

Разработанный в 2010 г. стержневой автомат Laempe типа LHL — последнее поколение высокопроизводительного стержневого оборудования. Предназначен для серийного производства стержней в основном для отливок автокомпонентов в стержневых ящиках с горизонтальным разъемом.

Технологические возможности пескострельных автоматов Laempe типа LHL:

— Макс. размеры применяемой стержневой оснастки с горизонтальным разъемом — 1600 × 2000 × 950 мм.

— Макс. вес применяемых стержневых ящиков 10 т.

— Объем надувной головки — 40...300 л.

— Макс. размеры пескострельной плоскости — 1350 × 1600 мм.

— Макс. усилие запираания стержневой оснастки, обеспечивающее плотное замыкание ящика во время цикла изготовления стержней (надув и продувка) — 100 т.

— Цикл стержневого автомата на холостом ходу (без надува и продувки) — 25 сек.

Основные конструктивные особенности стержневых автоматов Laempe типа LCB и LHL:

— Стабильная 4-х колонная несущая конструкция, на которой подвешены верхняя рама машины и траверсы для крепления верхних частей стержневых ящиков.

— К основанию корпуса машины прикреплена каретка стола со встроенным роликовым транспортером для установки и подачи стержневой оснастки в машину.

— Автоматизированная система линейного позиционирования стержневого ящика на машине по сигналу от оператора.

— Пескострельный механизм с протяжной и сменной головкой.

— Гидравлические фиксаторы для быстрой замены надувных головок, а также для замыкания/размыкания пескострельных плит к надувным головкам. Оптическая система контроля уровня заполнения надувной головки стержневой смесью.

— Унифицированная система нагрева стержневой оснастки термомаслом в температурном режиме 120...180 °С.

### Обобщение

Инвестиционная политика Dongfeng такова, что китайский автомобильный концерн регулярно внедряет самые передовые технологии не только в области автомобилестроения, но и в области производства отливок. В настоящий момент фирма Laempe прорабатывает три новых инвестиционных проекта, которые напрямую связаны с внедрением технологий Laempe на заводах Dongfeng. Взаимовыгодное сотрудничество успешно продолжается.

### Список литературы

1. Буданов Е.Н. Технологии Laempe на литейном заводе китайского автомобильного гиганта FAW // Литейщик России — 2017. — № 04.
2. Мельников И.А. Автоматические стержневые линии фирмы Laempe для изготовления отливок «блок двигателя» в Китае // Литейщик России. — 2017. — № 05.
3. Ассоциация европейских производителей автомобилей: [www.acea.be](http://www.acea.be)
4. Журнал «Эксперт» (№ 2 (736), январь 2011) на основе данных Reuters и OICA.
5. Сайты компании Dongfeng: [www.dfm.com.cn](http://www.dfm.com.cn), [www.dongfengmotor.ru](http://www.dongfengmotor.ru)
6. Wallenhorst; С., Gieereipraxis, № 6, 2010 г., стр. 181...184.