

Опыт фирмы LAEMPE в алюминиевой литейной промышленности

1. Введение

Традиционными областями массового применения литых деталей из алюминиевых сплавов являются автомобилестроение и авиационно-ракетный комплекс. Поэтому в дальнейшем будет рассматриваться технологический опыт фирмы **Laempe** именно в этих двух областях.

2. Мировой уровень производства литых алюминиевых деталей

Таблица 1: Производство отливок из алюминиевых сплавов в отдельных странах.

Страна	Производство отливок из алюминиевых сплавов по годам, в т.		
	2003 г	2004 г	Дальнейшее развитие
Китай	1249000**	1699099**(+36%)	
Индия	331000*	380000* (+15%)	
Япония	1262893**	1346968** (+7%)	
Корея	78000	114700 (+47%)	
Тайвань	250502	261015 (+4%)	
Германия	677061	715725 (+6%)	
Франция	329078	348900 (+6%)	
Италия	805000	828400 (+3%)	
Великобритания	185000	190000 (+3%)	
Испания	131918	142195 (+8%)	
Австрия	104398	109480 (+5%)	
Польша	134460	167000 (+25%)	
Чехия	65497	77006 (+18%)	
Венгрия	67000	73838 (+10%)	
Швеция	39000	45400 (+15%)	
Бельгия	26316	28152 (+8%)	
Турция	51360	52000 (+2%)	
ЮАР	39000	56000 (+44%)	
США	1952251	1964054 (+1%)	***Прогноз на 2008 г.=>2409000 т. ***Прогноз на 2013 г.=>2700000 т.
Канада	76000	244188*	
Мексика	550000	540000	
Бразилия	149990	209622 (+40%)	
Россия	600000	Данные отсутствуют	
Украина	20500	Данные отсутствуют	

= по данным *Modern Casting 93 (2004). No.12 & Modern Casting 94(2005). No.12*

*) включая продукцию из всех остальных «легких» сплавов

***) включая продукцию из магниевых сплавов

***) по данным *AFS Special Publications at 800/537-4237*

Таблица 1 отражает в обобщенном виде статистические данные о производстве отливок из алюминия в период с 2003 по 2004 г. В скобках указан рост производства по сравнению с предыдущим годом.

Впечатляет рост производства алюминиевых отливок в Корею, Бразилию, Китае, ЮАР, Индии, Польше и Чехии. Прогноз Германии тоже весьма оптимистический – ожидаемый годовой рост производства в этой отрасли в период 2005-2007 г. примерно 2-5%.

Рассматривая производство отливок из алюминиевых сплавов в различных экономических зонах мира оказывается, что азиатский регион является мировым лидером в области алюминиевого литья не только по объему общей выпускаемой продукции, но и по динамике роста этого высокотехнологического производства. Мощный двигатель в этом направлении остается японская автомобильная промышленность и ее новейшие разработки в области двигателестроения.

Пока еще Северная и Южная Америка опережают страны Евросоюза, но в ближайшем будущем возможно изменение картины в пользу Евросоюза - в настоящее время автомобильные концерны в связи с поиском новых сверхлегких конструкционных материалов активно соперничают с японскими и американскими автомобилестроителями в борьбе за перераспределение мирового рынка.

3. Применение алюминиевых деталей в автомобилестроении

По данным Международного банка реконструкции и развития к 2030 году ожидается неравномерный рост спроса на легковые автомобили на уровне 2004 года, который по отдельным странам выражается следующим образом:

- в странах ЕС и США - от 5 до 10%,
- в странах Восточной Европы - от 100 до 140%,
- в Мексике – от 180 до 200%,
- в Индии и Китае- от 10 до 20 раз
- в остальных развивающихся странах- до 200%.

В условиях глобализации автомобильные концерны вынуждены выпускать конкурентоспособные модели легковых автомобилей. Конкурентоспособность является результатом оптимизации таких факторов, как например, себестоимость продукции, ее надежность, безаварийность, экономичность двигателя, ее максимальная стабильность против выделения вибраций и шумов, ее дизайн, комфорт кузова, система безопасности пассажиров, минимальное выделение вредных веществ, а также, отнюдь не на последнем месте, и наличие хорошо работающей сети сервисных центров.

Известно, что каждое уменьшение общего веса легкового автомобиля на 100 кг приводит к уменьшению расхода горючего от 400 до 500 мл/100 км. Поэтому и тенденции развития автомобилестроения такие, что начиная с 90-х годов происходит непрерывное нарастание доли компонентов из легких сплавов (в основном, на базе алюминия, магния).

Основные преимущества алюминия как конструкционного материала по сравнению с чугуном помимо легкого веса:

- низкая температура расплава, которая дает возможность применять металлические формы, отсюда – возможность получения высокоточного литья,
- хорошая обрабатываемость алюминия металлическим инструментом,
- отличная теплопроводность гарантирует оптимальное охлаждение двигателя.

В 1997 году в Германии было произведено 537327 т отливок из алюминиевых сплавов и 7858 т отливок из магниевых сплавов (по данным Торгово-промышленной палаты ФРГ). В 2004 г. картина уже другая: выпуск отливок из алюминиевых сплавов увеличился до 715725 т в год, а производство отливок из магниевых сплавов - до 26985 т. (по данным «*Giesserei*», 04/2006). Отсюда следует, что за 7 лет рост производства увеличился соответственно на 33% для отливок на основе алюминия и на 343% для отливок на основе магния.

100% всех головок цилиндров и более 50% свех блоков двигателей для легковых машин в мире изготавливаются из алюминия. (по данным *Giesserei*, 92(2005), H11, 36...43)

Основным методом литья головок остается литье в кокиль с протановкой стержневого пакета (по данным *GiessereiKompakt* (2005), H1, 4...7)

В настоящее время доля алюминиевых деталей в легковом автомобиле составляет около 80 кг, но согласно прогнозу автомобильной промышленности на 2008 г. ожидается нарастание этой доли до 120 кг. Экономические расчеты *Немецкого Общества Производителей Алюминиевой Промышленности* показывают, что применение алюминиевых деталей общим весом 120 кг. полностью окупает расходы на их производство только из-за уменьшения расхода горючего и улучшения экологии после всего 5000 км. пробега.

Если до начала 90-тых годов прошлого века «дизельные» двигатели отличались давлением впрыска в камеру сгорания не более 130 атм. и имели макс. мощность 30 кВт/л, а «бензиновые» двигатели достигали мощностных показателей до 60 кВт/л, то сегодня уже серийно выпускаются «дизели» с давлением впрыска до 180 атм., при температурах сгорания не менее 400°C и со специфической мощностью до 67 кВт/л при значительно более низкой себестоимости горючего. По прогнозам немецких автомобилестроителей до 2010 г. будет возможно серийное производство дизельных двигателей со специфической мощностью 70 кВт/л, а к 2020 г. этот показатель составит уже 100 кВт/л при давлении впрыска до 220 атм.!!! Причем все это будет происходить только на базе улучшения конструкции и правильного подбора конструктивных литейных сплавов (см. *Giesserei*, 01/2005).

Классическим материалом для производства блоков турбодизелей в 90-тых годах был силумин **AlSi9Cu3**. Этот литейный сплав являлся для конструкторов оптимальным сочетанием технологических и физико-механических характеристик (текучесть эвтектического расплава, минимальная склонность к пористости, высокая теплопроводность, высокая коррозионная стойкость, отличное соотношение между прочностью на растяжение и относительным удлинением при минимальном удельном весе). Но из-за высокого давления впрыска, превышающего 180 атм., применяющегося при последней технологии турбодизелей «CRT», структура вышеуказанного силумина в блоках двигателя не способна выдержать нагрузку, особенно в зоне опор коленчатого вала. Подобные проблемы существуют и в бензиновых двигателях.

Слабым местом блоков из алюминиевых сплавов является поверхность контакта с поршнями цилиндров. Общеизвестно, что из-за плохого трения с материалом поршня алюминиевые сплавы должны иметь в зоне контакта подходящую структуру. Классическое решение этой проблемы - размещение втулок из чугуна. Для решения этой проблемы европейские литейные концерны разрабатывают новые многокомпонентные алюминиевые сплавы, отличающиеся:

- повышенной износостойкостью при температуре от 150 до 250°C,
- повышенной прочностью на растяжение,
- повышенной усталостной прочностью,
- компактной металлической структурой с равномерной высокой теплопроводностью,
- повышенной твердостью в зоне цилиндрической втулки, которая дает возможность подвергать ее рабочую поверхность повторной мехобработке при ремонте блока,
- повышенной коррозионной стойкостью против всех возможных охлаждающих жидкостей водяной рубашки блока.

Повышение вышеуказанных свойств в рабочей зоне цилиндровой втулки в 90-тых годах решалось и путем применения втулок из высокопрочного чугуна в «алюминиевом» блоке. Эта технология имеет следующие недостатки:

- чугун и алюминий имеют совершенно разные коэффициенты теплоотвода, что значительным образом ухудшает равномерность охлаждения блока и его долговечность,
- общий вес алюминиевого блока значительно увеличивается при применении чугунных втулок, особенно при V-образном исполнении блока, когда количество втулок двукратно возрастает.

Алюминиевые двигатели 21 века будут выполнены не только без чугунных втулок, но и без втулок вообще.

Чем ограничено применение силуминовых двигателей внутреннего сгорания?

- При требованиях к блокам двигателя – давление впрыска от 180 до 200 атм. при специфической мощности от 65 до 75 кВт/л - возможно применение конструкционных материалов или силумина с использованием втулок из высокопрочного чугуна (альтернативно: поверхностно микролегированные в зоне втулок моноструктуры базового силуминового сплава) или чугуна с вермикулярным графитом, причем с увеличением объема двигателя разница по себестоимости будет возрастать в пользу ЧВГ.
- При требованиях к блокам двигателя - давление впрыска выше 200 атм. при специфической мощности более 80 кВт/л - выбор только один - чугун с вермикулярным графитом.

4. Современные методы получения отливок для блоков двигателей

В мировой практике отливки блоков двигателей из алюминия изготавливаются:

- методом литья электромагнитными насосами или литьем под низким давлением в песчано-глинистых формах,
- методом литья электромагнитными насосами или литьем под низким давлением в стержневых пакетах,
- на машинах для литья под низким давлением с применением стержневых блоков для оформления внутренних полос отливки,
- на машинах для литья под высоким давлением,
- методом литья в кокилях с применением стержневых блоков для оформления внутренних полос отливки,
- по выжигаемым моделям.

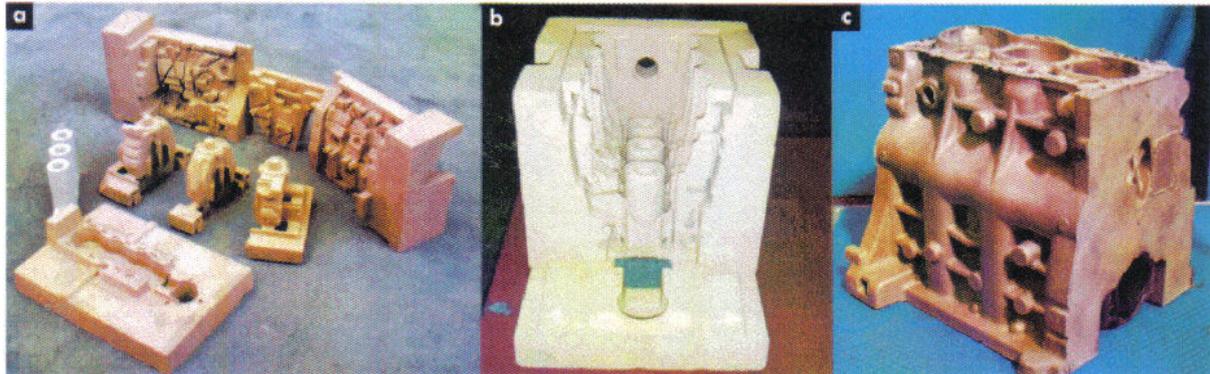
Основные критерии, определяющие выбор конкретной технологии формовки:

- комплекс требований к качеству и внешнему виду отливки, а также к размерной точности отливки,
- производительность производственного участка,
- совместимость рассматриваемой технологии с уже существующими технологическими решениями в литейном цехе (учитывая совместимость потоков и количества расходных материалов),
- объем начальных инвестиций для реализации технологии,
- "компактность" необходимого парка оборудования для реализации технологии,
- "оптимальный" для конкретного технологического решения уровень автоматизации,
- экономические и экологические аспекты.

Отличительной особенностью технологий изготовления отливок для блоков двигателей из алюминиевых сплавов (за исключением метода их получения на основе выжигаемых моделей) является применение стержней для оформления внутренних рабочих поверхностей.

Технологические решения расходятся с пунктом оформления внешней поверхности отливки: стержнями, песчано-глинистой формой, металлической формой, а также способом заливки при различных значениях давления расплава во время заполнения формы.

Особый интерес для клиентов представляет так называемый процесс **Cosworth**, при котором отливки получают литьем под низким давлением в стержневых пакетах.



Алюминиевый блок, получаемый литьем под низким давлением в стержневых пакетах.

Отдельные стержни изготавливаются в основном по процессу **Ashland-Coldbox**. Этот метод гарантирует максимальную размерную точность по отливкам.

С 2003 г. фирма **Laempe** предлагает алюминиевым литейным заводам сверхсовременную технологию **BeachBox** для получения литейных стержней из многокомпонентного неорганического связующего **LKBinder**, а также полный комплект оборудования для ее реализации в отдельности или вместе с другими уже известными методами изготовления стержней на одном стержневом автомате, как например, **Ashland-Coldbox**. Все разработки, связанные с этой технологией запатентованы, а сама технология в настоящее время применяется в Германии, Японии, Австралии и России.

Сборка стержней в пакет:

Традиционные методы сборки стержней в пакет: **склеивание** и **завинчивание**.

Склеивание горячим клеем – самый экономичный метод сборки при изготовлении стержневых пакетов для получения блоков двигателя и головки цилиндров из алюминиевых сплавов, гарантирующий высокую степень размерной точности. Технологические преимущества этого метода:

- наличие широкой гаммы клеев на полиамидной основе (их температура плавления от 140 до 180°C, соответствующая вязкость во время нанесения 2-4 (Па.сек), допустимая продолжительность нанесения 3-5 сек, мгновенное нарастание прочности, высокая устойчивость против воды и спиртов, хранение в твердом (гранулированном) состоянии),
- минимальный расход при максимальной эффективности,
- наличие совершенного оборудования для расплавления и нанесения горячего клея.

Завинчивание шурупами можно применять для крепления лишь некоторых типовых стержней, как например, для пары "водяная рубашка рядного цилиндрического блока – основной стержень" а также для верхнего замыкающего стержня по отношению к фронтальному, заднему и торцевому стержню.

5. Современные технологии и оборудование из одних рук

Фирма **Laempe** – ведущий производитель стержневых автоматов и периферийного оборудования к ним для изготовления стержней и стержневых форм по любому процессу. Фирма предлагает мировой уровень технологий и оборудования из одних рук.

В состав группы **Laempe** входят 2 завода в Германии, а также 11 совместных предприятий и 25 представительств по всему миру.

Головное предприятие фирмы **Laempe** располагается в г. Шопфгейм (Южный Шварцвальд, земля Баден-Вюртемберг). Именно здесь была создана первая стержневая машина. В настоящее время в Шопфгейме располагается маркетинговый центр, конструкторский отдел и отдел перспективных разработок и исследований.

Завод **Laempe** в Мейцендорфе (недалеко от города Магдебурга), оснащенный самым современным машиностроительным оборудованием, специализируется на изготовлении как серийных стержневых машин, так и комплектных литейных автоматических производственных цехов. Общее число служащих группы **Laempe** на территории Германии в 2006 г. превышает 200 человек. Размер производственных площадей превышает 50.000 кв.м.

Производственная программа **Laempe** включает:

- Пескострельные автоматы.
- Смесители для приготовления стержневых смесей.
- Газогенераторы.
- Полностью автоматические линии для изготовления и последующей обработки (очистки, сборки, окраски, сушки, транспортировки) стержней и стержневых пакетов.
- Системы окраски и сушки стержней.
- Автоматические транспортные системы.
- Системы автоматизированного управления литейными цехами.
- Робототехнические и манипуляторные системы для литейного производства.
- Системы очистки отливок.
- Периферийное оборудование для стержневого производства.

За последние 20 лет **Laempe** поставила своим клиентам в более чем 40 странах мира более 3000 единиц оборудования.

6. Примеры применения технологий Laempe в области изготовления алюминиевых отливок блоков и головок для автомобильной промышленности

Проект «Ford Motors Co.»

Реализованный в период с 1990 по 1992 г. на территории завода в гр. Виндзор, Канада, проект носил в свое время абсолютно новаторский характер.

Перед технологами была поставлена задача получить в массовом производстве алюминиевые блоки для V-образных двигателей легковых автомобилей для моделей **FORD**. Было принято решение осуществить формовку в моносистеме Coldbox по процессу Cosworth. В то время фирма Laempe являлась пионером в области применения компьютерной техники для управления стержневых машин. Фирма поставила 40 роботизированных центров на основе 40-литровых пескострельных автоматов и оснастила их всеми необходимыми периферийными устройствами для обеспечения безостановочной работы в трехсменном режиме работы.



Все отдельные элементы стержневых пакетов изготавливаются из циркониевого песка, при помощи данного технологического приема, по словам **FORD**, отливки охлаждаются более равномерно, что положительно сказывается на кристаллической структуре отливки и отличается равномерным распределением прочностных характеристик по сечению заготовки. Отработанная стержневая смесь подвергается регенерации, причем доля регенерата составляет не менее 97%. Пылевидные фракции улавливаются с помощью заводской системы вытяжки, циркониевый порошок собирается, очищается и применяется для производства высокоэффективных противопригарных красок за пределами завода. Заливаются стержневые пакеты при помощи электромагнитных насосов с системой дозировки и контролем по времени заполнения пакета. Качество блочного литья отвечает высшим требованиям. Поверхностная гладкость отливки не уступает кокильному литью. Низкая шероховатость поверхности отливки (не более $Rz=10$ микронов) обеспечивается мелкозернистостью циркониевого песка (основная фракция 0,10-0,12 микронов).

Проект «Montupet»

Montupet (Монтюпе) - крупнейший французский литейный концерн, специализирующийся на производстве алюминиевых отливок. Фирма создана в конце XIX века в городе **Nogent** (Ножо) под Парижем. Специализация в области производства алюминиевых отливок исключительно с применением в автомобильной промышленности начинается в 1905 году. С 1966 года **Montupet** является акционерным обществом.

В настоящее время в состав концерна входят:

- два литейных завода во Франции - **Montupet Nogent-Laigneville** и **Montupet Chateauroux**,
- два литейных завода в Северной Ирландии - **Montupet Belfast** и **Montupet Londonderry**,
- литейный завод **Alumalsa** в городе **Сапагоса**, Испания,
- литейный завод **Riviere Beaudette** в городе **Квебек**, Канада,
- литейный завод **Montiac** в городе **Торреон**, Мексика.

Производственная программа концерна - литье для автомобильной промышленности. Основные типовые детали, производимые методами кокильного литья, литья под низким или высоким давлением - блоки рядных и V-образных двигателей, головки цилиндров, колеса, коллекторы, турбонасосы.

Основные клиенты: автомобильные концерны **Renault** (25%), **Ford+Volvo** (23%), **General Motors+Saab** (18%), **Peugeot+Citroën** (17%), **Audi+VW** (4%). Остальное литье (13%) предназначено для самых разных клиентов, как например, **Bosch**, **Iveco**, **John Deere**.

Стержневой участок Laempe для завода Montupet Belfast

На литейном заводе в г. Белфаст (Северная Ирландия) занято около 1000 человек.

Основная производственная программа - 2000 головок цилиндров в сутки для вэнов **Peugeot (806, Xsara, Xantia)**, **VW Sharan**, **FORD Galaxy**, а также для легковых автомобилей **Peugeot 406**, **FORD Ka**, **Fiesta**, **Focus**, **Puma**, **Mondeo**. Кроме того, выпускаются колеса для легковых автомобилей, производимые методом литья под низким давлением.

Модернизация стержневого участка на базе стержневого оборудования **Laempe** реализована поэтапно в период с 1997 по 2004 г. Поставлено 9 стержневых центров: два на основе 50-литровых автоматов типа **LFB50H** и 7 стержневых центров на основе 25-литровых автоматов **LFB25H**, все для стержневых ящиков с горизонтальной плоскостью разъема. Метод изготовления стержней- **Coldbox**. Смесеобразование и подача смеси осуществляется для каждого автомата автономно из смесителей типа **LM** с подходящей производительностью. Подача свежей порции смеси происходит автоматически по сигналу бесконтактного емкостного датчика. Кроме этого, в объем поставки входят:

- 4 роботизированных комплекса для автоматического съема стержней, для зачистки заусенцев и последующей сборки стержней в пакет методом склеивания,
- манипуляторы для автоматической замены модельной оснастки,
- станция для автоматического размыкания любого применяемого комплекта модельной оснастки с целью периодической очистки обслуживающим персоналом при помощи сухого льда,
- центр **LCC** с двумя роботами для обрезки литниковых систем и поверхностной очистки отливок от облоев –патент **Laempe**.

Общая стоимость заказов **Montupet Belfast**, размещенных на фирму **Laempe**, превышает 10 млн. евро.

Стержневой участок Laempe для завода Montupet в Мексике

Литейный завод **Montiac** в городе Торреон пущен в эксплуатацию в 1998 году.

На заводе занято около 250 человек. Высокий уровень автоматизации дает возможность производить 6000 головок цилиндров в сутки для 4-х и 5-ти рядных двигателей для моделей **FORD Focus**, **Mondeo**, **Rangers**.

Основной проект стержневого участка реализован фирмой **Laempe** в период с 1999 по 2000 г. Установлено 3 стержневых центра, все на основе 50-литровых автоматов типа **LFB50H**.

Каждый стержневой автомат снабжен манипулятором для замены комплекта модельной оснастки. Стержневая смесь изготавливается на смесителях типа **LM** с производительностью 1500 кг/ч. Метод изготовления стержней - **Coldbox**. Подача жидкого амина осуществляется из центральной станции в локальные газогенераторы. Для улучшения работы обслуживающего персонала установлена станция для автоматического размыкания комплекта модельной оснастки с целью ее очистки. Все производственные данные обрабатываются статистически системой **Laempe BDE**.

В 2005 г. стержневой участок был расширен еще одним центром **Laempe** типа **LFB50H/LM1.5/LG1.5 (CB)**. Общая стоимость заказов **Montiac**, размещенных на фирму **Laempe**, превышает 3 млн. евро.

Стержневой участок для завода Montupet в г. Шатору, Франция

Литейный завод **Montupet Chateauroux** основан в 1970 году.

На заводе занято 950 человек. Производится 3500 головок цилиндров в сутки для легковых автомобилей **Renault**, для взнов **Chrysler**, для **Jeep Cherokee**, а также колеса для легковых автомобилей **Peugeot, Citroën, Volvo**. Проект **Laempe** реализован в 1999 году.

Установлено 4 независимых производственных центра на базе стержневых автоматов **LFB25H**. Общая стоимость заказов **Montupet Chateauroux**, размещенных на фирму **Laempe**, превышает 1.5 млн. евро.

Стержневой участок Laempe для завода Montupet в г. Ленвиль, Франция

Литейный завод **Montupet Laigneville** основан в 1894 году.

На заводе занято 900 человек. Основное производство: 5000 головок цилиндров в сутки для легковых автомобилей **Renault, Peugeot, Citroën, Volvo, Saab, Jaguar**, для транспортеров **IVECO**, для взнов **SEAT, VW, Ford**, а также для джипов **Chrysler Voyager, Jeep Cherokee**.

Проект **Laempe** реализован в 2000 году.

Установлено три автоматические линии на базе стержневых автоматов **LFB25H** для производства, съема и последующей обработки стержней, а также для их сборки в пакет склеиванием. Каждый пакет состоит из трех отдельных стержней. Метод изготовления стержней: амин-Coldbox. Все смесители типа **LM1.5** снабжаются связующим из центральной станции, проходящим через подогреваемые емкости для гарантирования высокого качества. Амин подается в локальные газогенераторы из центральной станции снабжения. Для очистки рабочей атмосферы предусмотрен скруббер. Каждый стержневой автомат оснащен манипулятором для автоматической замены комплекта модельной оснастки. Съем, зачистка заусенцев, склейка стержней в пакет осуществляется роботами.

В модельной оснастке проставляются металлические решетки-фильтры, а также втулки. Решетки и втулки «застреливаются» смесью и остаются в основном стержне. Для автоматического размыкания любого комплекта модельной оснастки предусмотрено автоматическое устройство. Очистка контактной поверхности ящиков осуществляется вручную дробеструйной установкой с применением мягкой дроби. Возможна и очистка сухим льдом.

Отличительные особенности автоматизированных производственных комплексов **Laempe** - точность позиционирования, высокое воспроизводимое качество стержней, быстрота замены комплектов модельной оснастки, применение универсальных захватов и устройств на минимальной рабочей площади, полный контроль производственных условий и параметров на базе микропроцессорного управления.

Общая стоимость заказов **Montupet Laigneville**, размещенных на фирму **Laempe**, превышает 5 млн. евро.

Проект «Cosworth Castings»

Cosworth Castings – английская литейная компания, чей основной завод находится на окраине британского города Вустер (Worcester). Фирма специализируется на производстве отливок блоков и головок цилиндров из алюминиевых сплавов по разработанному и запатентованному процессу литья в стержневых пакетах «**Cosworth**».

Компания занимается не только производством литья, но и разработкой высокомоощных алюминиевых двигателей, которые начиная с 70-тых годов прошлого века с успехом применяются в спортивных автомобилях и в престижных английских автомобилях, как например, **Jaguar**.

В 1998 г. компания награждена престижным призом «Компания года» автомобильного концерна **Ford Motors Co.** за свои инженерные разработки по общим проектам с «Форд». В конце 1998 г. **Cosworth Castings** была приобретена автомобильным концерном **Audi**.

В 2005 г. в условиях жестокой международной конкуренции и по экономическим соображениям **Audi** была вынуждена «освободиться» от некоторых своих заводов, в том числе и от своего завода в г. Вустер. Фирма **Audi- Cosworth Castings** перешла в собственность немецкого технологического концерна **MAHLE Powertrain**.



Общий вид стержневого участка по производству стержней для головок цилиндров на заводе **Cosworth Castings** в г. Вустер, Великобритания, оснащенный стержневыми автоматами **Laempe**

Для производства головок цилиндров на литейном заводе фирмы **Audi (Cosworth Castings)** в период с 1998 по 2001 г. фирма **Laempe** поставила 5 стержневых центров на базе высокопроизводительного стержневого автомата **LFB25**, а также два 4-х позиционных карусельных автомата типа **LT5**, причем каждый производственный центр оснащен газогенераторами и смесителями. Все стержни производятся по амин-колдбокс процессу.

Проект «Mazda Motor Co.»

В 2001 г. фирма **Laempe** запустила комплексную автоматизированную производственную линию для получения отливок типа блоков 4-х рядных двигателей из алюминия по процессу **Cosworth** на заводе автомобильного концерна **MAZDA** в г. Хиросима. Все стержни изготавливаются по процессу **Coldbox**. Максимальные внешние размеры пакета (длина/ширина/высота)= 650x460x700 мм, а вес стержневого пакета без отливки около 184 кг.

Производительность линии - 90 двигателей в час. Все технологические этапы, как например, производство стержней, их поверхностная обработка, сборка в пакет и их подача транспортным конвейером в участок заливки осуществляются при помощи роботов.

Смесеприготовительный участок, периферийное оборудование и автоматизированные системы для замены комплектов модельной оснастки спроектированы и выполнены фирмой **Laempe**.

Проект реализован в три этапа, в период с 1998 по 1999 г.

Во время первого этапа проекта фирма **Laempe** поставила независимый производственный центр, состоящий из пескострельного автомата **LFB50H/2**, смесителя и газогенератора.



Общий вид производственного участка для производства стержней для получения отливок блоков 4-х цилиндрических рядных двигателей из алюминия методом литья под низким давлением в стержневые пакеты. Проект фирмы **Laempe** на заводе **Mazda Motors Co.** в г. Хиросима, Япония

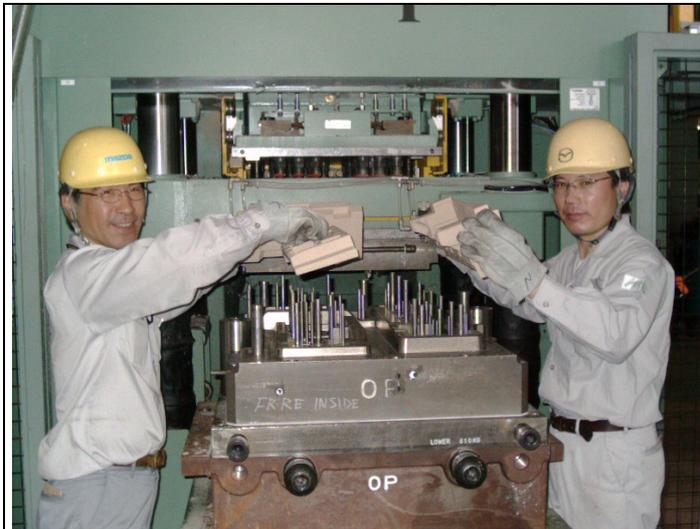
Во время первого этапа исследовались реальные производственные возможности оборудования в условиях максимальной нагрузки с применением 5 многогнездных ящиков для изготовления всех стержней, необходимых для производства блоков двигателя методом **Cosworth**. Пакет изготавливался из 13-ти отдельных стержней. На втором этапе проекта было поставлено шесть производственных центров на базе стержневых автоматов **LFB50H/2**, комплект со смесителями и газогенераторами. В объем поставки вошли 10 роботов **ABB** и периферийные устройства.

Гарантированная производительность производственного участка на втором этапе реализации проекта – **70 стержневых пакетов в час**.

На третьем этапе проекта фирмой **Laempe** было дополнительно поставлено два новых пескострельных центра на базе автомата **LFB50H/2**. Производительность линии по окончании третьего этапа - **90 пакетов/час**.

Проект MAZDA – 2003-2004 г.

Второй крупный контракт на поставку современного роботизированного комплекса стержневого оборудования для двух производственных линий для производства отливок типа головки цилиндров рядных двигателей методом литья под низким давлением в стержневых пакетах был подписан летом 2003 г.



Отработка технологии изготовления стержневых пакетов по методу **BeachBox** для получения головки цилиндров 4-х цилиндровых двигателей на автомобильном концерне **MAZDA**.



Комплекс оборудования, общей стоимостью 6 милл. евро, состоял из 14-ти автономных производственных центров на базе стержневых автоматов **LBB25H**, комплекта смесителя и периферийного оборудования по двум процессам (амин-процесс и **BeachBox**). Производительность каждой из двух производственных линий для головки цилиндров по процессу «амин-колдбокс» – 45 пакетов/час. Поставленный ранее на заводе **Mazda Motors Co** комплекс оборудования для получения блоков 4-х цилиндровых рядных двигателей по амин-процессу был дополнительно оснащен в 2004 г. шестью независимыми производственными центрами на базе стержневого автомата **LFB50H** общей стоимостью 3 милл. евро.

Этим проектом на заводе в г. Хиросима **Mazda Motors Co** увеличивает производительность своих линий изготовления блоков методом литья в стержневых пакетах на 25% до 110 блоков в час в трехсменном режиме !!!

Проект MAZDA – 2005-2007 г.

В середине 2005 г. фирма **Laempe** получила третий крупный заказ от концерна **Mazda Motors Co.** – на этот раз для сверхсовременного нового алюминиевого литейного завода фирмы в китайском городе Нанджин. Контрактом на общую сумму 8 млн. евро предусматривается поставка 15-ти стержневых автоматов типа **LFB25H**, комплекта со смесителями **LM3** и газогенераторами по амин-колдбокс процессу, а также поставка 5-ти стержневых автоматов типа **LFB50/2**, каждый из них с двумя независимыми пескострельными головками, со смесителем **LM4.2** и с газогенератором по амин-колдбокс процессу. Оборудование применяется для изготовления компонентов стержневых пакетов для головки цилиндров и блоков двигателей. Стержневые пакеты «головки» собираются на двух линиях, а стержневые пакеты «блока» собираются на третьем конвейере. Плановая мощность завода при максимальной нагрузке 300000 блоков 4-х цилиндровых рядных двигателей 1,8-2,4 л и соответственно 500000 головок в год. Поставка первой партии из восьми машин **LFB25H** была осуществлена до августа 2006 г., пуск всего оборудования в эксплуатацию будет осуществлен до апреля 2007 г., а наладка технологий и запуск производственных мощностей при максимальной нагрузке - до конца 2007 г.

Проект „Citroën“



Роботизированная монтажно-сборочная линия Laempe для производства стержней и конвейерной сборки стержневых пакетов для получения отливок типа головки цилиндра из алюминия на литейном заводе Шарльвиль-де-Мезие (Франция) концерна Citroën



Особенность процесса сборки отдельных 12-ти стержней в пакет- сборка осуществляется только на базе высокой прочности стержней и высокой размерной точности стержневых знаков без дополнительных внешних материалов, как клей или шурупы. Заливка осуществляется на машинах для литья под низким давлением.

В период с 1999 по 2002 г. на литейный завод автомобильного концерна **Citroën** в городе Шарльвиль-де-Мезие (Франция) фирма Laempe поставила 4 стержневых автомата типа **LF65H**-комплект с монтажно-сборочным конвейером, роботами, газогенераторами и смесителями для получения стержневых пакетов для производства головок цилиндров из алюминия методом литья под низким давлением. Общая стоимость проекта превышает 4 млн. евро.

Проект «BMW»

В 2004 г. фирма **Laempe** реализовала проект на заводе автомобильного концерна **BMW** в городе Ландсхут (Бавария), в рамках которого было поставлено 4 центра на базе стержневых автоматов типа **LFB25**.

Основные особенности предлагаемого оборудования: универсальный стержневой автомат нестандартного исполнения, который дает возможность изготавливать стержни по четырем процессам, а именно по амин-процессу, по процессу **SO₂** (на базе эпоксидных смол), по процессу **Hotbox**, а также по новейшему процессу **Beachbox** (мировой патент **Laempe**) на базе неорганических связующих **LKBinder** (мировой патент **Laempe**). Таким образом, литейщики на заводе **BMW** имеют возможность свободно варьировать качество и технологические свойства производимых стержней (прочность, выбиваемость, газовыделение) при минимальном расходе энергии. Отливки получают методом литья в металлических формах под атмосферным давлением, а также методом литья в стержневых пакетах под низким давлением.

Стержневой автомат **LFB25** работает в трех режимах: в ручном, в автоматическом и в режиме «наладки» комплекта модельной оснастки.

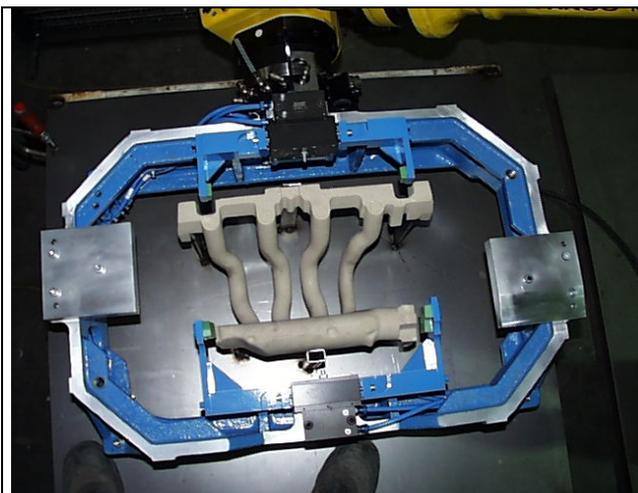


Общий вид стержневого автомата LFB25 с подвесным пультом микропроцессорного блока управления, с встроенным газогенератором по процессам Coldbox, SO₂, с вилочным съемником, а также с оптическим занавесом для максимальной защиты персонала.

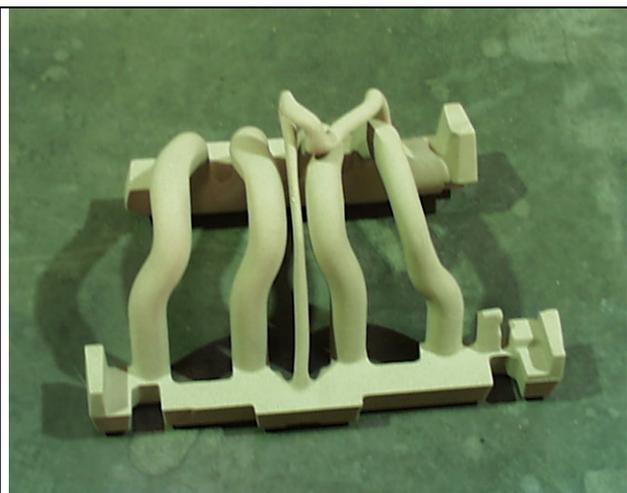
Проекты с концерном «Georg Fischer»

Сотрудничество Laempe с заводом Georg Fischer Friedrichshafen (D)

Для этого завода фирма **Laempe** поставила в 1987 г стержневой автомат типа **L20**, а в 2002 г. два производственных центра – один из них на базе стержневого автомата типа **LFB25**, а второй – на базе стержневого автомата типа **LB25** - в комплекте с роботом для съема стержней и очистки заусенцев.



Захват для стержня «коллектора впускных газов»



Стержень «коллектора впускных газов»-процесс аминкодбокс. Изготовление на стержневом автомате Laempe типа LFB25.

Сотрудничество Laempe с заводом Georg Fischer Singen (D)

На этот завод **Georg Fischer** фирма **Laempe** поставила:

- 8 стержневых автоматов типа LKV с объемом надувной головки 2,5- 80 литров,
- 4 стержневых автомата типа L20 с объемом надувной головки 20-25 литров,
- 3 стержневых автомата типа LB25, каждый с объемом надувной головки 25 литров,
- 3 роботизированные системы съема, очистки заусенцев и окрашивания стержней.

Первые поставки оборудования были произведены еще в 1986 г.

Проект «Suzuki Motor Co.»

Продолжается успешное применение технологий **Laempe** на заводах автомобильных концернов Японии. В 2005 г. **Suzuki Motor Corporation** (www.globalsuzuki.com) разместила первый заказ на поставку стержневого центра типа **LFB50(65)H**, комплект со смесителем, газогенератором и пятью комплектами модельной оснастки с предварительно проверенным на территории Германии качеством. В настоящее время разрабатываются другие совместные проекты.



Отработка технологии изготовления стержней для стержневого пакета для получения блока V6 двигателя из алюминия методом литья под низким давлением на территории Германии до отгрузки оборудования и комплектов модельной оснастки в Японию на завод Suzuki в Хамамацу сити, Япония.

Проекты с японским автомобильным концерном «Toyota Motor Co.»

Toyota Motor Corporation заняла в 2005 г. второе место в мире по продажам автомобилей. В Японии экспериментальные литейные заводы концерна – «Камиго», «Миочи», «Шимойама» и «Кинуура» находятся недалеко от г. Нагоя.

На этих заводах проверяется работоспособность любого производственного оборудования, которое концерн приобретает для собственных целей, в том числе стержневые и формовочные автоматы, а также отрабатываются технологии производства отливок до их внедрения в массовом производстве.

На литейные заводы **Toyota Motor Co.** фирма **Laempe** поставила следующие комплексы стержневого оборудования:

Тип поставленного оборудования	Год проекта	Для завода
3 стержневых автомата типа LF40, комплект с газогенераторами и смесителями	1998 г.	«Миочи»
1 стержневой автомат типа LF40/2 комплект с газогенератором и смесителем	1998 г.	«Миочи»
2 стержневых автомата типа LFB50H 1 стержневой автомат типа LFB50/H2 комплект с газогенераторами, смесителями и манипуляторами для автоматической замены комплектов модельной оснастки	2001 г.	«Миочи»
1 стержневой автомат типа LBB25 комплект со смесителем	2003 г.	«Миочи»



Общий вид пескострельного центра Laempe на заводе «Миочи»

Проекты с японским автомобильным концерном «Daihatsu Motor Co.»

Daihatsu Motor Corporation специализируется на производстве малолитражных компактных легковых автомобилей. В период с апреля по июль 2006 г. выпущено 311500 автомобилей - это рост производства на 16,2% по сравнению с тем же периодом позапрошлого года. Около 26% продукции предназначено за экспорт, особенно в азиатские страны (18% из 26%).

На литейный завод **Daihatsu Motor Corporation** в г. Шига (Япония) фирма **Laempe** поставила следующие комплексы стержневого оборудования:

Тип поставленного оборудования	Год реализации проекта
3 стержневых автомата типа LF40H/2, исполнение с двумя независимыми надувными головками, комплект с газогенераторами, со смесителями LM1.5 по процессу «амин-колдбокс», а также с манипуляторами для автоматической замены комплектов модельной оснастки	1998 г.

Оба автомата предназначены для массового производства стержней типа «водяной рубашки» / «основной» для головок цилиндров блоков 4-х рядных двигателей.

Проекты Laempe с японским концерном «Honda Motor Co.»

Японский технологический концерн **Honda Motor Co.** занимает сегодня второе место после концерна **Toyota** по объему выпускаемой автомобильной продукции в Японии.

Концерн активно работает в области автомобилестроения с 1956 г., но первые более значимые результаты были зарегистрированы в 1974 г. Рынок США - самый крупный для **Honda Motor Co.**

Для литейного завода **Honda of America** в г. Ана, штат Огайо (США) фирма **Laempe** поставила в 2003 г. комплекс стержневого оборудования на базе стержневого автомата типа **LFB50H**, комплект с газогенератором **LG1.5** и смесителем **LM1.5** для изготовления стержней типа головки цилиндров по процессу «амин-колдбокс», :

Проект «KPSNC»

Литейный завод **Kolbenschmidt Pierburg Shanghai Nonferrous Components Co., Ltd. (KPSNC)** – совместное предприятие между китайским концерном **Shanghai Automotive Industry Co., Ltd.** и немецким концерном **Pierburg AG**. **KPSNC** (смотри www.kpsnc.com) производит головки цилиндров, коллекторы, масляные насосы, водяные насосы из алюминиевых сплавов для автомобильной промышленности. Применяемые на заводе способы литья: литье в металлических формах под высоким или атмосферным давлением. Клиенты фирмы – автомобильные концерны **VW, Volvo, Peugeot**.

В конце 90-тых годов прошлого века **Laempe** поставила на заводе **KPSNC** в г. Шанхай 5 производственных центров на базе стержневых автоматов **L40H**. В 2005 г. был поставлен еще один центр с подобными техническими данными. Все они изготавливают стержни по процессу амин-колдбокс.

Проект «Mett»

Австралийская компания **Mett Pty Ltd.** - специалист в области изготовления отливок из алюминия. Плавильные мощности фирмы обеспечивают 4500 кг жидкого алюминия в час. В 2005 г. фирма закупила третий производственный центр **Laempe** по сверхсовременной и экологически чистой технологии **LK/BeachBox**. Этот производственный центр служит для

получения стержней типа газовых каналов и разработан на основе стержневого автомата **LBB25**.



Стержневые ящики со стержнями **LK**, получаемые по методу **LK/BeachBox** на стержневых автоматах **Laempe** на заводе **Mett** (Австралия)

Проекты **Laempe** с российским концерном «Северсталь-Авто»

Заволжский Моторный Завод - ведущий производитель дизельных двигателей и высококачественного автомобильного литья из алюминия. Завод является собственностью концерна «Северсталь-Авто». Стержни, предназначенные для широкой гаммы алюминиевых отливок, производимых методом литья в кокилях с простановкой стержней или стержневых пакетов, изготавливаются на 3-х стержневых автоматах **Laempe** типа **LB50**, по процессу «амин-колдбокс». Один из этих автоматов дает возможность производить стержни по экологически чистому процессу **BeachBox** - патент **Laempe**. Стержневой автомат **LL5** предназначен для получения мелких стержней. Все стержневые автоматы оснащены системой пневмотранспорта для подачи песка, смесителями и газогенераторами.



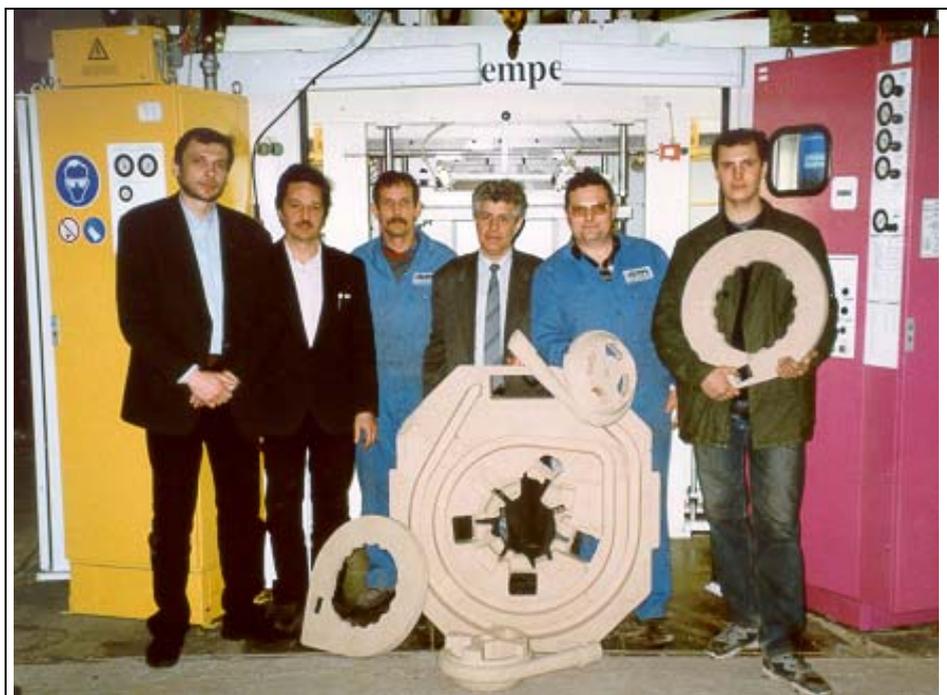
Производство стержней типа водяной рубашки головки цилиндров на машинах **Laempe** типа **LB50** в условиях «Заволжского Моторного Завода»

7. Примеры применения технологий Laempe для получения высокоточных алюминиевых отливок методом литья в стержневых пакетах на заводах авиационно-ракетного комплекса России

История проекта на предприятии «ПРОТОН -Пермские моторы», г. Пермь

Традиционная технология изготовления крупногабаритных сложнофасонных отливок из алюминия для турбонасосного агрегата двигателя первой ступени ракеты до 1998 г. фирмы «ПРОТОН» – песчано-глинистая форма для наружной поверхности отливки и стержнями ХТС для формирования внутренних отверстий отливки, получаемых при помощи ручной набивки в деревянных стержневых ящиках. До начала заливки металлом формы сушились на воздухе в течение 24 часов, а стержни сушились в камерных сушилках в течение 3-16 часов. Названная технология была внедрена в начале 70-тых годов.

Она, по словам сотрудников «ПРОТОНа», была работоспособной, но требовала большое количество разнообразного громоздкого оборудования, колоссальные энергетические и персональные расходы. К моменту поиска альтернативных технологий руководство фирмы выбрало самое рациональное и современное решение – технология литья в стержневых пакетах, изготовленных по технологии **Coldbox** (амин-процесс).



В этой связи «ПРОТОН» приобрел производственный центр **Laempe** на базе автомата **L60**. Особенность данного проекта состоит в том, что на одном «универсальном» стержневом автомате с объемом надувной головки 60 литров производятся все элементы стержневого пакета, который заменяет «старую» песчано-глинистую форму и «старые» стержни **Coldbox**.

Стержни, которые производятся на автомате, являются разнообразными по форме и весу (от 0.2 до 250 кг). Для получения одной отливки с габаритными размерами 900x900x800мм необходимо около 28 отдельных стержней, причем продолжительность ручной сборки и подготовки стержневого пакета к заливке составляет менее 2-х часов!!! Стержневой автомат **L60** с 60-литровой головкой запрограммирован так, что для получения стержней, превышающих по объему объем пескострельной головки после нескольких последовательных надувов проводится один цикл продувки газообразным амином - только таким образом можно получить стержни весом 100-350 кг. при общей продолжительности цикла 90-120 сек.

Опыт «ПРОТОНа» показал, что необходимо максимально до 5-ти экспериментальных циклов, чтобы оптимально оформить вентилированную неподогреваемую комбинированную оснастку из дерева, пластмассы и металла. В период с 1998 по 2002 г. сконструировано и запущено в эксплуатацию не менее 50-ти комплектов стержневых ящиков. Заливка стержневых пакетов осуществляется в автоклавах, что гарантирует получение отливок без газовой пористости. Шероховатость получаемых в стержнях отливок соответствует среднему значению $Ra=0,125\text{мм}$. Срок окупаемости оборудования **Laempе** в условиях «ПРОТОНа» не превышал 3 года. Проект «ПРОТОН» лучший пример применения универсального технологического оборудования **Laempе** не только в крупносерийном, но и мелкосерийном производстве.

Более подробную информацию об этом проекте можно найти в журнале «Литейное Производство», 2002 г., №2, стр. 13- 15.

История проекта на «АВИТЕК»-е, г. Киров

Кировский «АВИТЕК» -представитель российского авиационного комплекса. После распада Советского Союза фирма столкнулась с проблемой перехода на гражданскую продукцию. В этой связи был разработан и пользовался хорошим спросом малогабаритный дизельный двигатель из алюминия, который выпускался с 1993 г.

Из-за невозможности получить качественные отливки для двух основных деталей двигателя по существующей на «АВИТЕКе» технологии изготовления стержней ручной трамбовкой с подсушкой для дополнительного обезгаживания и затвердевания лигносульфонатной составляющей, эти детали отдавали на изготовление на одно московское предприятие. Но поставки оказались нестабильными по времени, что затрудняло сбыт двигателей основным клиентам. После проведенного анализа мирового опыта по технологиям изготовления стержней в 2000 г. руководство «АВИТЕКа» приняло решение приобрести производственный комплекс **Laempе** на основе стержневого автомата **LL20** для производства стержней по амин-процессу с целью получения отливок дизельного двигателя методом литья в стержневые пакеты. В процессе работы «АВИТЕК» проработал технологии и сам разработал 14 стержневых ящиков из алюминия, дерева и модельной пластмассы. Производственные результаты, которые достигли сотрудники «АВИТЕКа» в процессе налаживания технологии изготовления стержней вполне удовлетворяют все ожидания как по качеству отливок, так и в экономическом отношении.

Более подробную информацию об этом проекте можно найти в журнале «Литейное Производство», 2002 г., №3, стр. 17-20.

8. Место России среди развитых «литейных» наций

Предполагаемое общее производство отливок из нежелезных сплавов, в том числе из алюминия, магния, титана, меди и цинка, в России в 2003 г составило всего 600000 т. Анализ тенденций сдвига мирового рынка потребителей продуктов автомобильной промышленности дает возможность сделать следующие выводы:

- По производству отливок типа головок цилиндров и блоков цилиндров из алюминиевых сплавов Россия значительно отстает от мировых тенденций. Даже если предположить, что доля производства отливок из алюминиевых сплавов в общей статистике 2004 г. (всего 600000 т) не менее 85%, по этому результату Россия будет занимать недостойное для ведущей в авиационной и ракетной промышленности державы место, отставая по производственным показателям в 5,4 раза от Евросоюза, в 3,8 раза от США, в 3,5 раза от Китая и в 2,6 раза от Японии, находясь на примерно том же уровне, что и Мексика.

- По производственным результатам литейная промышленность России не подготовлена обеспечить внутренний рынок страны качественным автомобильным литьем, особенно в контексте ожидаемого роста внутреннего рынка сбыта автомобилей широкого потребления, который к 2007 г. уже будет составлять от 1 до 1,2 млн. машин.
- Без собственного дизельного двигателестроения, отвечающего нормам «Евро-4» и «Евро-5», Россия очень скоро окажется зависимой от поставок из-за рубежа и потеряет такое стратегическое направление, как автомобильное «двигателестроение».

Из-за отсутствия конкурентноспособного национального литейного машиностроения Россия может решить все выше перечисленные проблемы только путем немедленного усвоения передовых мировых технологий литья, внедряя богатый опыт зарубежных фирм, которые стратегически «работают» на Россию.

Отличный пример в этом направлении - фирма **Laempe**, которая с 1992 г. целенаправленно и с успехом осуществляет технологический трансфер на заводы литейной промышленности России и других стран СНГ.