

## Автоматические стержневые линии фирмы Laempe для изготовления отливок «блок двигателя» в Китае

В статье описан опыт работы современного немецкого стержневого оборудования Laempe для литейных заводов Китая на примере завода Teksid по производству особо сложных отливок типа блок двигателя. Передовые литейные заводы Китая предпочитают немецкое стержневое и формовочное оборудование. Показана эффективность завода за счет применения самых передовых технологий формовки и производства стержней.

**Ключевые слова:** стержневое оборудование, ColdBox-Амин-процесс, модернизация, эффективное литейное производство, передовые литейные заводы Китая, автоматизация и роботизация производства.

The article deals with the experience of the modern Laempe core-making equipment for Chinese foundries as exemplified by the Teksid plant that produces particularly complex castings like the engine block. The advanced foundries of China prefer German core-making and molding equipment. The efficiency of the plant due to application of most advanced molding and core-making technologies is shown.

**Keywords:** core-making equipment, ColdBox, modernization, effective foundry production, advanced foundries of China, automation and robotization of production.

Немецкая фирма Laempe сотрудничает с литейными заводами Китая со второй половины прошлого века. При этом, именно в XXI веке происходит самый активный этап модернизации — менее чем за 20 лет Laempe поставила в Китай более 1500 единиц оборудования. В том числе пескострельные автоматы, смесители, установки для поверхностной обработки стержней, монтажно-сборочные манипуляторы и роботов. *Передовые литейные заводы Китая предпочитают немецкое стержневое и формовочное оборудование.*

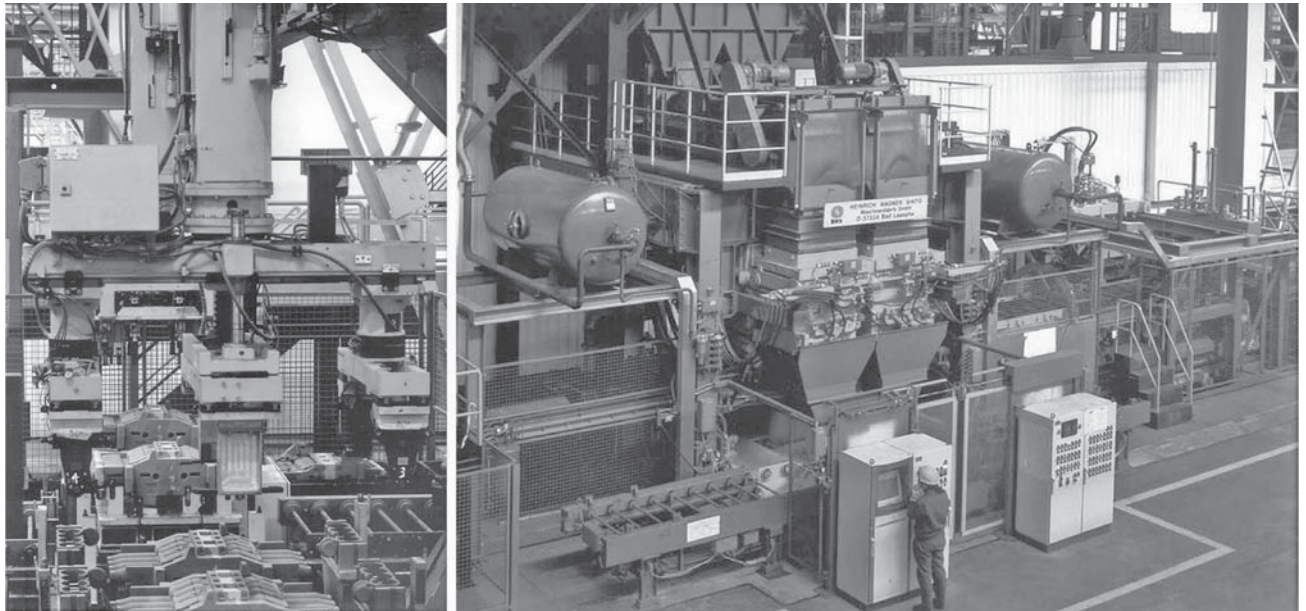
Литейное производство Китая модернизируется — в основном путем внедрения самого современного не только стержневого, но и формовочного оборудования производства лидеров мирового литейного машиностроения. Так, например, немецкая фирма HWS-Sinto для литейных заводов Поднебесной активно

поставляет опочные автоматические формовочные линии (АФЛ) по технологии «Сейатцу» — 14 АФЛ в 2010 г., 13 АФЛ в 2011 г. Кроме этого, в Китай с 2006 г. по 2016 г. поставлено 178 безопочных АФЛ для горизонтальных форм производства заводов концерна Sinto (стратегический партнер фирмы Laempe).

Обновление производства высококачественным европейским и японским технологическим литейным оборудованием обеспечивает повышенный уровень конкурентоспособности и эффективности передовых заводов Китая на общем фоне большинства низкорентабельных литейных заводов. Китайское министерство экономики в начале 2014 г. приняло болезненное, но жизненно необходимое стратегическое решение — *из всех 30.000 литейных заводов закрыть две трети*. То есть все те, которые не отвечают национальным стандартам по техническому оснащению и экологическому обеспечению. Оставшиеся после проверки на эффективность литейные заводы могут даже рассчитывать на государственную финансовую поддержку. Эта программа правительства Китая должна быть выполнена до конца «тринадцатой пятилетки» — то есть к концу 2020 г.

Одним из лидеров литейного производства Китая является завод всемирно известного международного концерна Teksid в г. Чжэньцзян. Группа заводов Teksid — одна из крупнейших литейных компаний в мире, ее ежегодный объем производства составляет более 600 тыс. тонн отливок. Сегодня компания Teksid насчитывает семь производственных площадок: четыре в Европе и по одной в Южной Америке (Бразилия), Центральной Америке (Мексика) и Китае.

Производственная программа литейных предприятий Teksid охватывает весь спектр чугунных отливок для выпуска легковых и грузовых автомобилей, таких как блоки цилиндров, головки цилиндров, распредвалы,



**Рис. 1.** Автоматическая проstanовка стержней на АФЛ по Сейатцу-процессу фирмы HWS-Sinto

шатуны, тормозные диски и барабаны, выпускные коллекторы, корпуса коробок передач, детали ходовой части автомобилей и др. Teksid является поставщиком литых автокомпонентов для таких всемирно известных компаний как Cummins, Ford, General Motors, Brembo, Audi, Daimler AG, Scania, Deutz, Toyota, Volvo, Volkswagen, PSA и др.

#### **Китайский чугунолитейный завод «Hua Dong Teksid»**

Чугунолитейный завод Hua Dong Teksid Automotive Foundry Company Limited основан менее 20 лет назад (1998 г.) и представляет собой совместное предприятие китайского автомобильного концерна SAIC (в переводе «Шанхайская Автомобильная Промышленная Компания») и литейного концерна Teksid.

Чугунолитейный завод расположен в промышленной зоне города Чжэньцзян провинции Цзянсу и специализируется на производстве отливок автокомпонентов из серого чугуна: блоков и головок блоков цилиндров для легковых машин и малотоннажных грузовиков, коллекторов впускных и выхлопных газов, коленчатых и распределительных валов и др.

Основные потребители выпускаемых отливок — китайские, индийские и корейские автомобильные концерны. Кроме того, отливки активно экспортируются и в страны ЕС. Производственные возможности завода составля-

ют 75.000 т литья в год, количество персонала — 553 человека, из которых 88 технологов. Общая площадь заводских помещений — около 140.000 м<sup>2</sup> [1–3]).

Главный показатель эффективности литейного производства — соотношение объема производства отливок и персонала, включая вспомогательный. По этому показателю Hua Dong Teksid с огромным запасом опережает другие чугунолитейные производства в Китае. Если средний по стране показатель — около 29 тонн в год на одного сотрудника (согласно данным доклада на Форуме стран BRICS 08-10.09.2015 в Нижнем Новгороде вице-президента Ассоциации литейщиков Китая г-н Fan Qi), то на Hua Dong Teksid — 135,6 тонн отливок в год, почти в пять раз больше!

К сожалению для китайской экономики, пока еще на многих литейных заводах страны сохраняется очень низкий уровень автоматизации производства.

Формовочный участок завода Hua Dong Teksid оборудован современной немецкой автоматической формовочной линией (АФЛ) по Сейатцу-процессу фирмы HWS-Sinto (размеры опок 1000 × 800 × 350/350, производительность — 180 форм/час на базе одного формовочного автомата (рис. 1). При этом уровень модернизации и автоматизации на чугунолитейном заводе Hua Dong Teksid постоянно растет.

## Проект Laempe с чугунолитейным заводом «Hua Dong Teksid»

В начале 2015 г. руководство китайского чугунолитейного завода разместило на фирме Laempe заказ на поставку комплексной автоматизированной линии для производства стержней и стержневых пакетов для отливок блока цилиндров рядных двигателей. Данная линия предназначена в основном для производства стержневых пакетов для отливок блоков двигателей автомобилей всемирно известного концерна Audi, чьи автомобили являются синонимом слова «качество».

Этот 4-х цилиндровый рядный двигатель создается для следующих моделей — А4, А6, Q5 и S3 (рис. 2), которые немецкий автомобильный концерн производит в основном для рынков США, ЕС и Китая. Основные технические данные двигателя: объем 1,8 или 2,0 л; максимальная мощность 132...221 кВт (180...300 л. с.), крутящий момент — макс. 380 Нм. Двигатели данного класса выполняют экологические требования стандарта Евро-6. Их отличают такие инновации, как встроенная в головке цилиндров система принудительного охлаждения выхлопных газов, сдвоенная система впрыска горючего одновременно как в камеры сгорания, так и в линию подачи воздуха плюс электронная система управления циркуляции охлаждающей жидкости [4—6].

Отливки данного блока двигателя изготавливаются из чугуна с вермикулярным графитом (ЧВГ). Вес отливки до обработки составляет 43 кг. Выбор данного сплава не случаен. Повышенные требования к физико-механическим характеристикам металлических сплавов для непростых условий постоянной динамической нагрузки, а также при давлении впрыска топлива в камеры сгорания не более 25 атм. и при специфической мощности 100 кВт/л, еще в конце 90-х годов прошлого века привели к разработке и активному внедрению чугуна с вермикулярным графитом при серийном производстве блочного литья. Высокие значения механических напряжений в блоках при высоких температурах выдерживаются только отливками из ЧВГ.

Существенное преимущество ЧВГ — значительно более низкая теплопроводность по сравнению с алюминиевыми сплавами, что дает возможность создания равномерного температурного поля вокруг четырех камер сгорания, уменьшая «перемычки» между со-

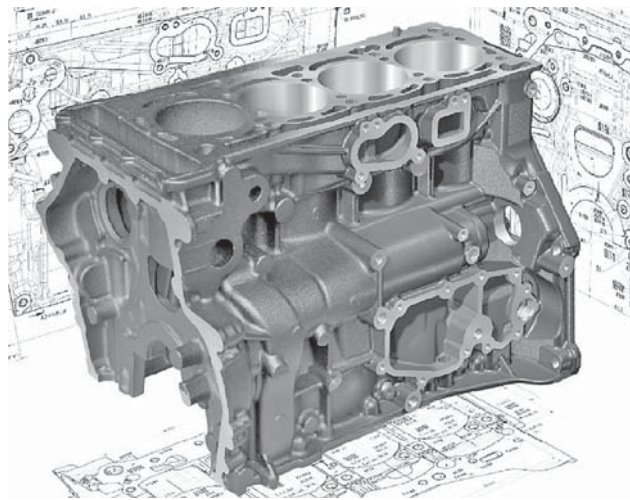


Рис. 2. Отливка блока двигателя R4-TFSI-EA888 [6]

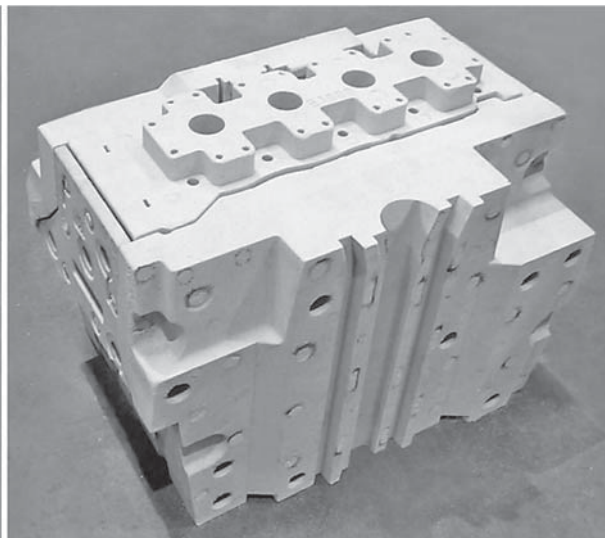
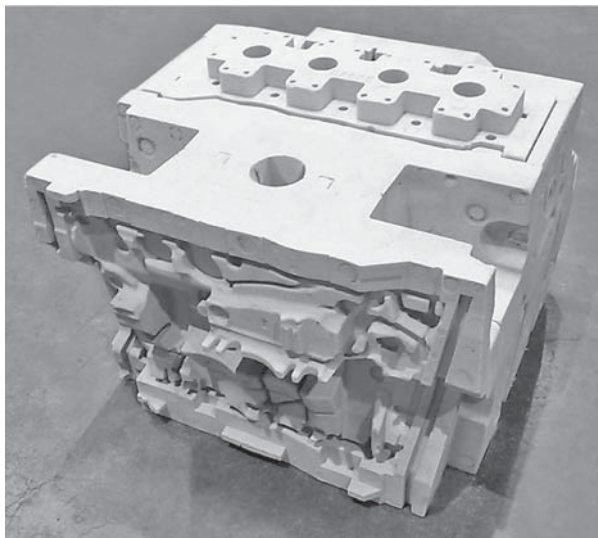
седними цилиндрами до 5,5 мм и стабилизируя процесс сгорания при высоких значениях специфической мощности двигателя. Дополнительное преимущество отливок блока цилиндров из ЧВГ — значительно более низкая себестоимость по сравнению с альтернативными сплавами на базе алюминия.

Металлургию чугуна с вермикулярным графитом можно сравнить с общим механизмом получения высокопрочного чугуна со сфероидальным графитом, причем доля сфероидизирующих модификаторов, а также процесс «округления» графита намеренно прерывается по времени, в результате чего включения графита получают «червякообразную» форму (отсюда и наименование чугуна от латинского «vermiculus» — «червячок»).

Технология плавки этого чугуна в серийном производстве освоена во всех развитых «литейных» странах, в том числе и в Китае. В процессе обучения китайских литейщиков освоению данной технологии обработки чугуна расплава активно помогали и продолжают помогать специалисты из литейных концернов ЕС.

### Автоматизированная линия Laempe для производства, обработки и сборки стержней на чугунолитейном заводе Hua Dong Teksid

Стержневой пакет для одной отливки блока двигателя R4-Audi состоит из 14 отдельных стержней, а именно 4-х центровых, 2-х торцевых, 2-х боковых стержней, одного стержня водяной рубашки, одного основного стержня



**Рис. 3.** Стержневой пакет отливки блока двигателя R4 на заводе Hua Dong Teksid: слева без «бокового» стержня, справа — полностью собранный стержневой пакет

для водяной рубашки, а также 4-х стержней масляных каналов.

Все стержни изготавливаются по Coldbox-Амин-процессу на пяти пескострельных автоматах Laetpre последнего поколения.

Стержни масляных каналов вставляются в более крупные боковые, и соответственно, в торцевые стержни, а центровые стержни собирают в отдельный пакет. Отдельно собирают водяную рубашку с основным стержнем. Таким образом, из всех 14 стержней получают 6 предварительно собранных «промежуточных» стержневых пакетов. Соединение «центровых стержней» в пакет осуществляется вручную резьбовыми шпильками с контргайками. Для соединения мелких стержней с крупногабаритными применяют саморезы.



**Рис. 4.** Фрагмент автоматизированной линии Laetpre на заводе Hua Dong Teksid в зоне поэтапной загрузки накопительного конвейера перед участком окрашивания промежуточных стержневых пакетов

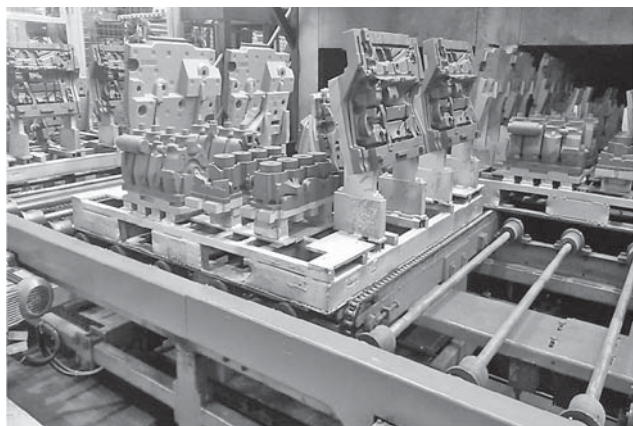
Промежуточные стержневые пакеты размещают последовательно на транспортный конвейер, который передает их в зону окрашивания водяной противопригарной краской (рис. 3, 4). Стержни окрашивают автоматическим методом окунания.

Далее происходит сушка отдельных 6-ти стержневых пакетов в проходной сушильной печи с газовым нагревом и встроенным конвейером с замкнутой системой движения и возврата паллет (рис. 5). Осушенные промежуточные стержневые пакеты собираются автоматически в блок-пакет, а затем блок-пакеты размещаются на кондукторы транспортной линии для подачи в склад и на формовочный участок.

В одной опоке автоматической формовочной линии фирмы HWS-Sinto (Сейатцу-процесс) размещаются два стержневых блок-пакета. Вес одного финально собранного стержневого пакета около 108 кг. По причине оформления всех контактных поверхностей отливки стержнями, имеет смысл подчеркнуть, что отношение «металл: стержневая смесь» на примере блочной отливки R4-Audi =  $43:108 = 1:2.5$ .

#### **Некоторые технологические особенности автоматизированной линии Laetpre**

Линия Laetpre оснащена 5 пескострельными автоматами Laetpre последнего поколения. Три из них имеют типовое обозначение LHL, остальные два — LFB.



**Рис. 5.** Фрагмент автоматизированной линии Laempe на заводе Hua Dong Teksid на выходе сушильной печи

На пескострельных автоматах LHL производят все крупногабаритные стержни. Отличительные характеристики стержневого автомата LHL: объем пескострельной головки — 130 литров; размеры пескострельной плоскости (ширина × глубина) = 1300 × 1000 мм; цикл стержневого автомата на холостом ходу — 25 сек.

Пескострельный автомат LHL оснащен автоматизированной системой замены комплектов стержневой оснастки с общим циклом не более 5 минут. Подобные автоматизированные системы замены комплектов стержневой оснастки являются необходимой составной частью всех современных высокопроизводительных автоматизированных линий Laempe, на которых производство стержней на отдельных стержневых автоматах связано с изменением программы производства стержней на данной машине.

На пескострельных автоматах LFB производят все мелкие и ажурные стержни.

Отличительные характеристики стержневого автомата LFB: объем пескострельной головки — 25 литров; размеры пескострельной плоскости (ширина × глубина) = 700 × 900 мм; цикл стержневого автомата на холостом ходу — 18 сек.

Каждый пескострельный автомат LFB тоже оснащен автоматизированной системой замены комплектов стержневой оснастки с общим циклом не более 5 минут.

Все пескострельные автоматы имеют встроенные газонераторы, предназначенные для Coldbox-Амин-процесса. Смесеприготовительное отделение выполнено на базе вихревых смесителей Laempe типа LVM и рассчитано

на максимальную производительность 15 т/ч. Номинальная нагрузка смесеприготовительного участка в момент запуска автоматизированной линии Laempe составляла 11 т/ч.

Пескострельные автоматы Laempe обслуживаются монтажно-сборочным и накопительным конвейером со встроенной проходной сушильной печью для сушки предварительно собранных и окрашенных стержневых пакетов. Для съема и очистки заусенцев, поэтапной сборки отдельных стержней в промежуточные стержневые пакеты, а также для окрашивания и финальной сборки стержневых пакетов водяной противопожарной краской предусмотрено 18 роботов СОМАУ.

Номинальная часовая производительность автоматизированной линии Laempe на чугунолитейном заводе Hua Dong Teksid составляет 100, а максимальная — 120 стержневых пакетов.

### Обобщение

Пример внедрения автоматизированной линии Laempe на заводе Hua Dong Teksid показывает, что ведущие китайские производители отливок выбирают только первоклассное оборудование и технологии при модернизации своих литейных заводов. Однозначна тенденция к максимальному внедрению роботизированных комплексов для поверхностной обработки и сборки стержней на ведущих литейных заводах Китая [7]. Взаимовыгодное сотрудничество Laempe с китайскими литейщиками активно продолжается.

### Литература

1. Сайт китайской компании «LONGJI GROUP»: <http://www.longjigroup.cn>
2. Сайт китайской компании «HUA DONG TEKSID»: [www.hdteksid.com](http://www.hdteksid.com)
3. Сайт китайской компании «YANTAI WINHERE»: [www.winhere.com](http://www.winhere.com)
4. R. Wurms, W. Jung u.a., Innovative technologies in Current and Future TFSI Engines from Audi, 20th Aachen Colloquium Automobile and Engine Technology, 2011.
5. A. Eiser, J. Doerr u.a., The new 1.8l TFSI Engine from Audi, Industry gasoline Engines, MTZ, 06/2011, p. 3239.
6. F. Grunow, W. Grtz u.a., Das Zylinderkurbelgehuse der neuen R4-TFSI-Motorengeneration von Audi, MTZ, 0/2007, s. 210.
7. Буданов Е.Н. Применения роботов в литейном производстве по опыту Laempe // Литейщик России — 2016. — № 09.