

Производство отливок «тормозных вентилируемых дисков» по опыту фирмы Laempe, Германия

В статье показан передовой опыт ведущих мировых производителей вентилируемых тормозных дисков на базе стержневых центров фирмы Laempe по Coldbox-Амин-процессу. Также приводятся технические характеристики стержневого оборудования для производства стержней тормозных дисков

Ключевые слова: отливки автокомпонентов, импортозамещение автокомпонентов, вентилируемый тормозной диск, стержневые машины, Coldbox-Амин-процесс.

The article deals with best practices of the leading manufacturers of the ventilated brake disks worldwide on the basis of the core-making equipment Laempe for Coldbox-Amin process. Technical characteristics of the core-making machines for production of cores of brake disks are also given.

Keywords: cast automotive parts, import substitution, ventilated brake discs, core-making equipment, Coldbox-Amin-process.

История развития тормозных систем в автомобильной промышленности

1886 г. официально считается годом создания прототипа современного автомобиля немецким инженером Карлом Бенцом. По причине ненасыщенности дорог автомашинами о системах безопасности пассажиров никто особенно не думал, так что для торможения колес автомобиля применялись простейшие механизмы ручного управления [1,2].

Чуть позже, т.е. в 1899 г., Вильгельм Майбах разработал системы торможения на основе тормозных барабанов, которые устанавливались на оси автомобиля и которые вращаются вместе с ней, а торможение происходит натяжением ленты сцепления. Эта система была по своей сущности несовершенной. Поэтому в 1903 г. французский предприниматель Луи Рено ее основательно усовершенствовал, заменив ленту колодками торможения, которые размещены внутри самого барабана [1, 2].

Позже в автомобильной промышленности были внедрены и первые гидравлические системы торможения, которые давали возможность значительно увеличить усилие сце-

пления колодок при торможении барабана. Недостаток тормозных систем на основе барабанов состоял в том, что барабаны при трении сильно нагревались и расширялись, поверхность контакта между барабаном и колодками уменьшалась, а торможение ухудшалось [1, 2].

Поиск альтернативных технических решений закончился появлением тормозного диска. Первичная идея тормозного диска запатентована английским инженером Фредериком Ланкастером в 1902 г. Согласно этой идее «колодки давят с двух сторон на металлический диск, который смонтирован к валу вращающейся оси автомобиля» [1, 2].

В 1924 г. автомобильная компания Horch из города Цвикау (Германия) впервые разработала и внедрила систему одновременного торможения всех четырех колес для автомобилей собственного производства — как на основе тормозных барабанов, так и тормозных дисков. Крупносерийный выпуск автомобилей с тормозными дисками в Европе начался только в 50-х годах прошлого века [1, 2].

В современных легковых автомобилях применяются по 4 вентилируемых диска, которые в процессе эксплуатации и износа подлежат периодической замене. Основные сплавы для производства отливок тормозных дисков — СЧ и ВЧ.

Для специальных применений в условиях повышенной термической нагрузки диски могут быть изготовлены из высоколегированной стали или из специальной керамики. Керамические диски значительно легче стальных, а их температуростойкость достигает даже 1600°C, что почти в два раза превышает допустимый температурный потолок стальных дисков. Они имеют стабильные характеристики торможения не только в широком диапазоне температур, но и в условиях повышенной влажности на дорогах. Основной их недостаток — высокая стоимость, а также повышенные требования к конструктивному исполнению и способу охлаждения периферийных механизмов вокруг

керамического диска. По этой причине применение керамических дисков в автомобильной промышленности ограничено для спортивных, т.е. не серийных машин [3].

Тормозной вентилируемый диск — самая массовая отливка автопрома

Если в конце 2005 г. количество находившихся в эксплуатации автомобилей в мире было около 890 млн. единиц, то в 2015 г. их количество уже превышало один миллиард. В 2017 г. было произведено 98,9 млн. новых автомобилей (согл. данным Европейской ассоциации автопроизводителей (АСЕА), а общий объем продаж ведущих 100 автомобильных концернов в результате сбыта автомобильной продукции составлял 825,8 млрд. евро. Самыми крупными национальными рынками для мирового автопрома в конце 2017 г. были Китай (около 29 млн. единиц) и США (около 11 млн.). На третьем месте следует рынок Японии (около 4 млн.) [4, 5].

Динамика роста мирового автопрома напрямую связана с динамикой развития мировой литейной промышленности. И если актуальные дискуссии о возможной частичной замене дизельных двигателей на электрические могут иметь отрицательные последствия для выпуска отливок типа блока и головки блока цилиндров, то на развитие рынка сбыта литых автокомпонентов для тормозных систем автомашин никак не влияют. Таким образом, спрос на тормозные системы будет развиваться такими же темпами, как и мировой автопром.

Рынок тормозных вентилируемых дисков в России

Общее число парка легковых автомобилей в России в 1994 году составляло всего около 11 млн. единиц, однако к середине 2017 году выросло до 42 млн. единиц (источник: аналитическое агентство «АВТОСТАТ», состояние на 01.07.2017). Следует отметить, что рост числа автомобилей подразумевает и сопутствующий огромный рост рынка отливок тормозных вентилируемых дисков, которые миллионами импортируются из самых разных стран мира.

Несложный расчет покажет, сколько млн. штук отливок тормозных вентилируемых дисков требуется для текущего ремонта отечественного парка легковых автомобилей (вы-

росшего в 4 раза). Как известно, регламент замены тормозных дисков обычно составляет около 60...80 тыс. км (зависит от марки автомобиля и условий его эксплуатации), что с учетом территории России и, как следствие, средней протяженности поездки, составляет 3...5 лет. Таким образом, потребность в отливках тормозных дисков только для вторичного рынка легковых автомобилей составляет мин. 168 млн. штук за 5 лет, или, более 33 млн. штук в год. Это количество не учитывает установку тормозных дисков на новые автомобили, только сходящие с конвейера. Реальное количество будет еще выше примерно на 8 млн. штук в год из расчета выпуска около 2 млн. автомобилей в год, включая все «брендовые модели» отечественной сборки.

Однако пока большая часть вентилируемых дисков для всех автомобилей мировых брендов, выпускаемых в России, импортируется. Даже сборочный конвейер АвтоВАЗ получает литые вентилируемые диски по крайне сложной логистической схеме. Песчаные литейные стержни, изготовленные на стержневых автоматах фирмы Laempe, из г. Челябинска поставляются в г. Тольятти, и далее на морально устаревшей формовочной линии (70-х годов) изготавливаются отливки тормозных дисков. После чего данные отливки отгружаются в г. Челябинск и уже там обрабатываются. Только затем обработанные отливки тормозных дисков снова отгружаются обратно в г. Тольятти на сборочный конвейер!

Технологии Laempe для производства песчаных литейных стержней

Laempe имеет опыт нескольких десятилетий при производстве стержней для литых тормозных дисков — для литейных заводов мира поставлено значительное число современного стержневого оборудования для производства отливок тормозных дисков, в т.ч. на заводы мировых лидеров Brembo, Fritz Winter и др.

Конструктивно чугунные отливки для современных тормозных вентилируемых дисков выполнены с множеством внутренних каналов. Эти каналы оформляются песчаными стержнями.

Основная цель настоящей статьи — рассказать о современных технологиях производства песчаных литейных стержней, а также об опыте Laempe на примерах проектов мирового уровня, реализованных фирмой Laempe

совместно с крупными чугунолитейными заводами Германии, США и Китая.

Более 90% всех стержней для чугунных отливок тормозных дисков в мире производятся по Coldbox-Амин-процессу

При Coldbox-Амин-процессе стержневая смесь, состоящая из песка и двух жидкотекучих органических компонентов, перемешивается в вихревых смесителях, а потом подается в пескострельную головку стержневого автомата. Из головки стержневая смесь заполняет установленный на стержневом автомате стержневой ящик под воздействием воздушного импульса. Затем следует продувка газообразным амином в потоке с газом-носителем. При прохождении амина через стержневую смесь начинается химическая реакция между двумя жидкими компонентами, которая приводит к образованию высокопрочного пространственного полимера, связывающего песчаные зерна мостиками. Сам амин является катализатором процесса отверждения стержней, т.е. не расходится стехиометрически. По окончании цикла стержневой ящик размыкается — стержни для отливок тормозных дисков остаются на нижних толкателях. Их можно снять или вручную, или применяя подходящие средства для механизации или автоматизации съема.

Классический состав стержневой смеси по Coldbox-Амин-процессу для производства стержней тормозных дисков: 100 вес-% кварцевого песка, 0,5—0,8 вес-% органической смолы, 0,5—0,8 вес-% органического отвердителя.

В литейном производстве нашли применение следующие третичные амины: триэтиламин (ТЭА), диизопропиламин (ДИПА), диметилэтиламин (ДМЕА). Все они являются органическими производными аммиака.

Транспортирование, хранение и дозировка аминов происходит в жидком состоянии. Испарение жидкого амина и образование амино-газовой смеси происходит автоматически на газогенераторе, с которым пескострельный автомат связан не только технологически, но и программным алгоритмом. Из газогенератора амино-газовая смесь подается в пескострельный автомат на продувку стержневой смеси. Газами-носителями газообразного амина могут быть любые осушенные инертные газы, технически чистый азот, CO₂ или сухой воздух. Ориентировочный расход амина при

производстве стержней для чугунных отливок тормозных дисков = 1 гр. на 1 кг стержня.

В мировой литейной практике применяют и такие альтернативные методы для производства стержней для чугунных отливок тормозных дисков, как например Hotbox, Warmbox, Shell (Croning), но их доля в мировом производстве ограничена в основном технологическими и экономическими факторами и в настоящий момент не превышает 10%.

Coldbox-Амин-процесс имеет следующие преимущества по сравнению с методами Hotbox, Warmbox, Shell (Croning):

- низкая прилипаемость, высокая жидкотекучесть, высокая живучесть, высокая начальная прочность стержневой смеси — все эти технологические преимущества дают возможность производить стержни со сложной геометрией, с высокой размерной точностью, а также с минимальной толщиной поперечного сечения.
- низкая остаточная прочность выбитых из отливок стержней,
- слабокислая реакция стержней по Coldbox-Амин-процессу, что делает поток выбитого песка химически совместимым с обратной песчано-глинистой смесью на автоматических формовочных линиях,
- значительно более низкие энергетические расходы по причине ведения технологического процесса производства стержней «без нагрева».

Ниже представлены некоторые примеры внедрения технологии фирмы Laetpre (Германия) на литейных заводах мира.

Проект «Fritz Winter»

Fritz Winter (FW) — самый крупный производитель чугунолития в Германии. Фирма основана в 1951 г. и имеет три производственные площадки: две из них в Германии (в г. Штадталлендорф и г. Лаубах), а третья в США (г. Франклин). Завод в США — новейший чугунолитейный завод, который специализируется на производстве тормозных дисков.

Производственные данные Fritz Winter к концу 2018 г.:

- Объем выпуска отливок в год — 471.000 т чугунолития.
- Годовой объем продаж — 701 млн евро
- Штатный персонал на всех производственных площадках — 3700 сотрудников.

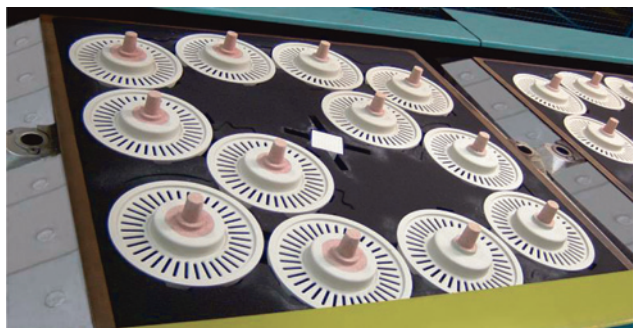


Рис. 1. Завод Fritz Winter (Германия). Опока низа с 12 стержнями изготовленными на машинах Laempe. АФЛ фирмы HWS-Sinto, Германия производительностью 250 ф/ч. В одной форме производят 12 отливок для автозавода BMW (т.е. 3000 штук в час)

- Специализация производства — автомобильное литье.
- Типичные представители отливок — блоки и головки двигателей, тормозные диски и барабаны, корпуса гидравлических систем и т.д.
- Специализация по сплавам: СЧ, ВЧ, ЧВГ, легированные чугуны.

Показатель эффективности литейного производства № 1 на заводах Fritz Winter составляет 189.460 евро на одного сотрудника, вкл. вспомогательный персонал (701.000.000 Евро / 3700 сотрудников).

В настоящий момент Fritz Winter разрабатывает концепцию создания завода по производству чугунного литья в Китае.

До конца 2012 г. фирма Laempe поставила на основной завод Fritz Winter в г. Штатталлендорф (Германия) 24 стержневых центра, причем шесть из них оснащены роботами для автоматизации съема, очистки и окрашивания стержней. Большинство из этих комплексов применяется для производства стержней для отливок тормозных дисков (рис. 1).

Начиная с 2013 г. Laempe поставила на два литейных завода Fritz Winter в Германии, а также на новый завод в США 6 современных стержневых центров на базе пескострельных автоматов LHL50H.

Стержневые центры служат в основном для производства стержней для чугунных отливок вентилируемых тормозных дисков. Они оснащены роботизированными комплексами, т.е. съем, поверхностная очистка и окрашивание стержней происходят с максимальным уровнем автоматизации. Для производства стержней применяется единый процесс Coldbox-Амин.

Геометрия и вес стержней варьируется — внешние диаметры составляют от 215 до 430 мм, а вес стержня от 2 до 12 кг. Производительность одного стержневого центра в зависимости от диаметра стержней составляет 300...960 стержней в час. Каждый стержневой центр оснащен газогенератором, смесителем и манипулятором для автоматической замены комплектов стержневой оснастки, расположенным в задней части стержневого автомата.

Пескострельный автомат LHL50H (рис. 2) — пескострельный автомат последнего поколения, который предназначен для крупносерийного производства стержней в трехсменном режиме.

Основные технические характеристики LHL50H:

- Макс. габаритные размеры применяемой стержневой оснастки (Ш × Г × В) — 1400 × 1400 × 950 мм
- Макс. допустимый вес комплекта применяемой стержневой оснастки до 10 т
- Объем надувной головки — стандартный 50 л, опциональный — до 1000 л.
- Макс. размеры пескострельной плоскости (Ш × Г) — 1200 × 1200 мм
- Максимальное усилие запираения стержневой оснастки, обеспечивающее плотное замыкание ящика во время цикла изготовления стержней (надув и продувка) — 100 т
- Время цикла на холостом ходу (без надува и продувки) — 25 сек.

Основные конструктивные особенности стержневого автомата LHL50H:

- Стабильная 4-х колонная несущая конструкция, на которой подвешены верхняя

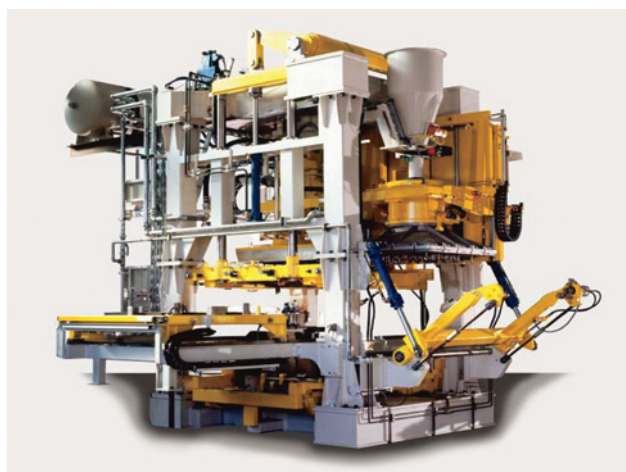


Рис. 2. Общий вид пескострельного автомата Laempe типа LHL50H

- рама машины и траверсы для крепления верхних частей стержневых ящиков
- К верхней раме машины прикреплен каретка пескострельного и продувного механизма
- К основанию корпуса машины прикреплены каретка стола со встроенным роликовым транспортером для установки и подачи стержневой оснастки в машину
- Автоматизированная система наладки стержневой оснастки на машине по сигналу от оператора
- Пескострельный механизм с протяжной и 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 контроля уровня заполнения головки стержневой смесью
- Общая каретка для пескострельного и продувного механизма
- Продувной механизм с встроенной верхней толкательной плитой.

Проект «Longji»

«Longji Group Co., Ltd.» [7] — крупнейший китайский технологический концерн, созданный в 1971 г. в экономической зоне города Шандон. Для производства отливок концерн имеет собственный чугунолитейный завод «Shangdong Longji Machinery Co. Ltd.», который находится в городе Лонку Сити.

Чугунолитейный завод «Shangdong Longji Machinery Co. Ltd.» входит в группу 25 ведущих литейных заводов Китая — не только по объему производства, но и по уровню применения современных литейных технологий.

Производственные возможности составляют 80.000 т отливок в год. Основная продукция — тормозные диски для легковых и грузовых машин, а также тормозные барабаны для тяжелых грузовиков. На заводе работают 1900 штатных сотрудников, а годовой объем продаж литейной продукции превышает 160 млн. Евро.

Показатель эффективности литейного производства № 1 завода «Shangdong Longji Machinery Co. Ltd.» составляет 84.210 евро на одного сотрудника, вкл. вспомогательный персонал.

За период 2015—2017 гг. Laempe поставила на чугунолитейный завод «Shangdong Longji Machinery Co. Ltd.» комплексный автоматизированный стержневой участок для производства стержней для вентилируемых тормозных дисков как для легковых, так и для грузовых машин. Внешние диаметры стержней от 215 до 420 мм. Все стержни производятся по Coldbox-Амин-процессу.

Стержневой участок состоит из 8 стержневых центров на базе пескострельного автомата Laempe типа LFB25H. Каждый пескострельный автомат производит от 120 до 270 стержней в час. Съём, поверхностная очистка стержней и окрашивание противопригарной краской осуществляются роботами.

Проект «Winhere»

Winhere [8] — крупнейший производитель тормозных дисков не только в Китае, но и в мире. Компания создана в 1996 г. и имеет две производственные площадки. Первая из них, как и головное предприятие, находится в г. Янтай, а вторая — в г. Лазу.

Эти чугунолитейные заводы специализируются на производстве компонентов для тормозных систем и имеют современные технологии и оборудование для выпуска не менее 48 млн. шт. тормозных дисков и барабанов в год (рис. 3).

Отливки подвергаются мехобработке и предназначены в основном для экспорта в ЕС, США, а также в другие азиатские страны. Winhere выпускает широкую номенклатуру отливок — более 4.000 различных видов тормозных дисков и барабанов, в основном для крупных автомобильных концернов США, ЕС, Японии и Южной Кореи.

В 2018 г. выпуск литейной продукции на литейных заводах Winhere составлял 336.000 т.

В литейном производстве работает 1400 штатных сотрудников, а годовой объем продаж литейной продукции составлял 200 млн. евро.

Показатель эффективности литейного производства № 1 на заводах Winhere составляет 142.857 евро на 1 сотрудника, вкл. вспомогательный персонал.

За период 2005—2018 гг. Laempe поставила на чугунолитейный завод Winhere в г. Лазу (рис. 4):

- 29 стержневых центров на основе пескострельного автомата Laempe типа LL10H



Рис. 3. Примеры стержней для отливок вентилируемых стержневых дисков, которые производятся на стержневых участках Laempe на чугунолитейных заводах Winhere

- 4 стержневых центра на основе пескострельного автомата Laempe типа LFB25H, причем все 4 центра оснащены роботизированными комплексами для съема, поверхностной очистки и окраски стержней. Все стержни производятся по Coldbox-Амин-процессу.

За период 2007—2018 гг. Laempe поставила на чугунолитейный завод Winhere в г. Янтэй:

- 48 стержневых центров на основе пескострельного автомата Laempe типа LL10H
- 4 стержневых центра на основе пескострельного автомата Laempe типа LFB25H
- 1 стержневой центр на основе пескострельного автомата Laempe типа LFB50H, причем все 5 центров (LFB25H и LFB50H) оснащены роботизированными комплексами для съема, поверхностной очистки и окраски стержней.

Все стержни производятся по Coldbox-Амин-процессу.



Рис. 4. Часть стержневого участка Laempe на китайском чугунолитейном заводе Winhere в г. Лазу

Кроме представленных проектов большинство других литейных заводов мира также использует оборудование фирмы Laempe при изготовлении песчаных литейных стержней для производства отливок вентилируемых тормозных дисков.

Выводы

Вышеперечисленные примеры из опыта Laempe доказывают, что ведущие литейные заводы в мире, которые специализируются на производстве чугунных отливок тормозных дисков, оснащены первоклассным технологическим оборудованием.

Налицо тенденция к внедрению средств автоматизации на стержневых участках. Применение промышленных роботов на литейных заводах, конечно, является не модной тенденцией, а основным средством повышения рентабельности производственных процессов в литейной промышленности.

Своим огромным технологическим опытом Laempe является подходящим бизнес-партнером для всех литейных заводов, в том числе на территории России, которые следуют мировым трендам и намерены создавать конкурентоспособные литейные производства.

Использованная литература

1. Jean Fondin, Das Auto-Ein halbes Jahrhundert Geschichte, Lausanne, 1968.
2. Max Metz, Fourm der Technik, Zrich. 1966.
3. T. Degenstein, Kraftmessung in Scheibenbremsen, Dissertation TU Darmstadt, 2007.
4. VDMA-Konjunkturbericht Automobil- und Zulieferindustrie China, August 2018.
5. VDMA- Konjunkturbericht Automobil- und Zulieferindustrie USA, August 2018.
6. Сайт www.fritzwinter.de
7. Сайт www.longjigroup.cn
8. Сайт www.winhere.com.cn