УДК 621.74 (07)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАФИНИРОВАНИЯ ЧЕРНЫХ СПЛАВОВ ПРИ ЛИТЬЕ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОМЫШЛЕННОЙ АПРОБАЦИИ)

Р. М. Янбаев, Ф. М. Янбаев, Е. А. Шестакова, Ф. Ф. Гибатдинов, А. Ю. Галдина
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, Россия

Разработана технология фильтрационного рафинирования черных сплавов при литье по выплавляемым моделям. Проведено промышленное опробование технологии фильтрации. Рассчитаны и практически подтверждены основные технологические параметры рассматриваемого процесса. Работа выполнена по договору № 9932/17/07-к-12 от 20.11.2012 в рамках комплексного проекта «Создание семейства двигателей КАМАЗ на альтернативных видах топлива с диапазоном мощностей 300...400 л.с. и потенциалом выполнения перспективных экологических требований».

Ключевые слова: фильтрационное рафинирование, литье по выплавляемым моделям, черные сплавы

TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF THE FILTRATION REFINING OF FERROUS ALLOYS FOR INVESTMENT CASTING (RESULTS INDUSTRIAL TESTING)

R. M. Yanbaev, F. M. Yanbaev, E. A. Shestakova, F. F. Gibatdinov, A. U. Galdina
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia

The technology of filtrational refinement of black alloys is developed when molding on melted models. Industrial approbation of technology of a filtration is carried out. The key technological parameters of considered process are calculated and almost confirmed. Work is performed on the contract № 9932/17/07-K-12 of 20.11.2012 within the complex project «Creation of family of engines KAMAZ on alternative types of fuel with a power range 300... 400 h.p. and potential of implementation of perspective ecological requirements».

Keywords: filtration refining, investment casting, ferrous alloys

Современное развитие науки и техники требует применения металлов и сплавов с новыми эксплуатационными свойствами. Необходимые свойства металлических материалов реализуются легированием, модифицированием, термической обработкой и некоторыми другими способами. В настоящее время в перечисленных технологиях достигнуты предельно возможные результаты. Дальнейшее улучшение свойств металлов и сплавов перечисленными способами возможно, но в незначительных пределах, поскольку это приводит к высоким финансовым затратам или имеются неопределимые технологические трудности, которые в настоящее время нереализуемы.

Целесообразность технологии фильтрационного рафинирования продиктована тем, что на сегодняшний день для авиа и судостроения, медицины, машиностроения, специального машиностроения и т. п. требуются технологии, позволяющие получать совершенно новые результаты по механическим, технологическим и эксплуатационным свойствам металлов и сплавов.

Высокопористые керамические ячеистые материалы (фильтры), изготавливаемые в КНИТУ-КАИ состоят из огнеупорной кислородной и безкислородной керамики различных форм и геометрических размеров. ВПЯМ элементы могут иметь форму параллелепи-

педа, цилиндра, конуса и шара. Размер пор характеризуется PPI – количеством пор на линейный дюйм. ВПЯМ материалы с PPI 8, 10, 15 применяются для фильтрования металлов и сплавов, 15, 20, 25 – для фильтрования различных жидких сред и свыше 25 – для фильтрования газовых сред.

На рабочую поверхность ВПЯМ материала могут быть нанесены различные вещества – покрытия: наноразмерные модифицирующие, легирующие и рафинирующие порошки, металлы или иные вещества. Данные покрытия наносятся с целью проведения операций модифицирования, рафинирования, дегазации, легирования для различных металлов и сплавов. ВПЯМ элементы могут быть изготовлены различной толщины, в зависимости от требований технологического процесса, где они применяются.

На базе ЛЗ ОАО КАМАЗ проведена работа по промышленному опробованию технологии фильтрационной обработки чугуна при литье отливок ЛВМ технологией. Разработана технология применения ВПЯМ материалов в чаше при литье по выплавляемым моделям. Рассчитаны и практически подтверждены основные технологические параметры рассматриваемого процесса, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические параметры исследуемого процесса

№ п/п	Время заливки, сек		Расход, кг/сек		Рабочая температура фильтра, ^{0}C	
	теоретическое	практическое	теоретическое	практическое	теоретическое	практическое
1	5	14	4	1,42	1780	1550
2	6	15	4	1,33	1780	1550

1 – фильтроэлемент на основе ВПЯМ материала (рисунок 1);

2 – фильтроэлемент с прямыми каналами (рисунок 2).

Отличие в теоретических и практических значениях технологических параметров исследуемого процесса объясняется затрудненной эвакуацией воздушной фаза из формы. Данный недостаток на сегодняшний день устранен. На конструкцию формы и саму технологию оформляются Патенты РФ.

Основные и наиболее значимые преимущества ВПЯМ материалов КНИТУ-КАИ по сравнению с аналогичными, существующими ВПЯМ материалами:

1. **Термостойкость** ВПЯМ материалов может достигать одной теплосмены в температурном интервале 20 – 1780 ^{o}C при обработке специальных сталей и до 1200 теплосмен в температурном интервале 20 – 750 ^{o}C при обработке, например, алюминиевых сплавов. При обработке металлов и сплавов с низкой температурой плавления ВПЯМ материал может работать от нескольких часов до нескольких месяцев.

2. **Максимальная огнеупорность** без разрушения может проявляться на ВПЯМ материалах до 1780 ^{o}C в течение 4 – 5 секунд при металлостатическом напоре в 500 мм и плотности сплава в 7350 кг/м3. При температурах до 1200 ^{o}C ВПЯМ материал может работать продолжительное время (если материал ВПЯМ структуры инертен к рабочей среде).

3. **Инертность**. ВПЯМ материалы проявляют высокую степень инертности к обрабатываемым металлам и сплавам.

4. **Стабильность размера пор** ВПЯМ материалов в предлагаемой технологии составляет 100%.

Созданная технология позволит:

1. Наносить активные покрытия, в том числе и наноразмерные модифицирующие, рафинирующие и легирующие порошки на специально подготовленную керамическую поверхность ВПЯМ материала.

2. Решить задачу равномерного распределения модифицирующих, рафинирующих и легирующих порошков по всему объему жидкого металла или сплава при высоких температурах с целью получения обычных и специальных сплавов с совершенно новыми механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами для нужд авиационной, космической, судостроительной отраслей, специальных направлений машиностроения и медицинской техники.

3. Минимизировать потери на интенсивное окисление дорогостоящих РЗМ при вводе в различные среды с целью получения высоких механических, эксплуатационных и технологических свойств. Подобные РЗМ на сегодняшний день вводятся, например, в специальные сплавы в ковше или в плавильном агрегате, что приводит к значительным потерям дорогостоящих материалов.

4. При модифицировании сплавов в жидком состоянии в некоторых случаях необходимо обеспечить минимальный по времени контакт модификатора с жидким металлом до момента начала кристаллизации. В этом случае порошкообразный модификатор можно ввести в объем расплава только технологией последовательного растворения порошка - модификатора с поверхности ВПЯМ элемента.

Рисунок 1 – Пенокерамический фильтроэлемент, установленный в литниковой чаше

Рисунок 2 – Фильтроэлемент с прямыми каналами, установленный в литниковой чаше

Создаваемые в рамках проекта продукты и технологии по своим технико-экономическим показателям не имеют аналогов в мире, и образуют новый сегмент рынка.

Экспериментальные заливки на ЛВМ – фильтрационная обработка сплава.

Фильтроэлементы в форме цилиндра:

1. С прямыми каналами

- Диаметр фильтра – 37 мм, Высота – 20 мм;
- Количество каналов 7;
- Живое сечение фильтра – 281 мм^2.

2. Пенокерамические фильтры

- Диаметр фильтра – 37 мм, Высота – 20 мм;
- PPI 10;
- Толщина пенокерамики - 15 мм;
- Толщина обмазки – 20 мм;
- Материал – карбид кремния.
- Проницаемость или живое сечение фильтра – 565 мм^2.

Литейные формы – формы для ЛВМ, в конструкции чаши изготовлены вентиляционные каналы. Площадь вентиляционных каналов 84 мм^2. Формы изготавливались на основе маршалита. Связующий материал – гидролизованный раствор этилсиликата ЭТС 40.

Количество экспериментальных форм – 3 штуки. Из них 2 с фильтроэлементами с прямыми каналами и 1 форма с пенокерамическим фильтроэлементом. Сплав СЧ 25.

Установка фильтров в чашу проводилась на термостойком клею. Фильтры устанавливались до прокалки. После прокалки – фильтры, клей и чаша были без трещин, загрязнений и готовы к заливке. Прокалка проводилась обычным способом, принятым на ЛЗ ОАО КАМЛИТ.

После прокалки к заливке были готовы 3 экспериментальные формы: 2 формы с фильтроэлементами с прямыми каналами и 1 форма с пенокерамическим фильтроэлементом.

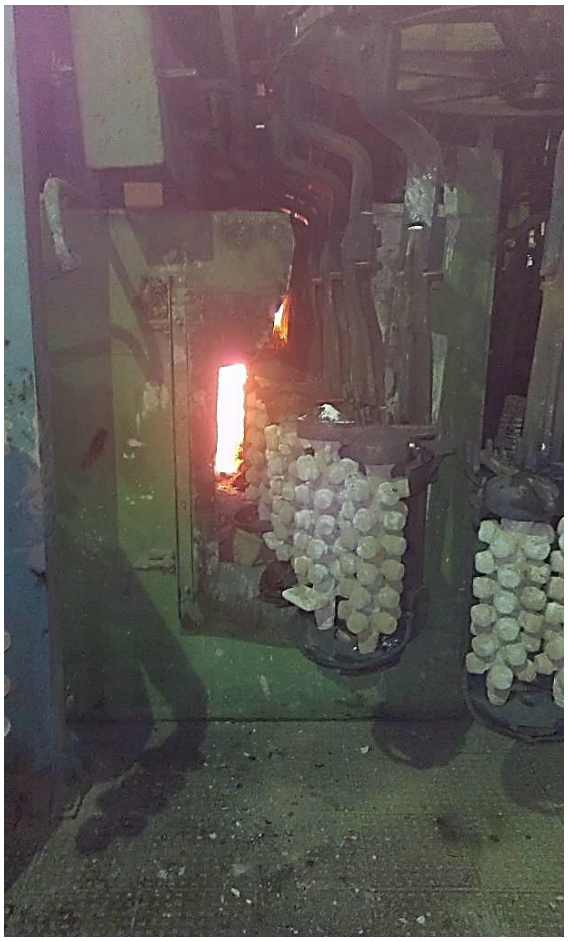

Рисунок 3 – Формы, установленные на подвесы перед прокалкой

Рисунок 4 – Шлаковые включения в порах фильтра (серый чугун)

Рисунок 5 – Шлаковые включения в порах фильтра (высокопрочный чугун)

Температура заливки СЧ 25 – 1450 °С.

Заливка осуществлялась обычным способом, принятым на ЛЗ ОАО КАМЛИТ – ручной поворотный ковш, на тельфере.

Результаты заливки – залились 3 экспериментальные формы из 3 подготовленных. Время заливки формы с пенокерамическим фильтроэлементом 15 – 16 секунд, с фильтроэлементом с прямыми каналами 16 – 17 секунд. Выброса металла из чаши с фильтроэлементом не наблюдалось. После охлаждения формы с карусельной машины были извлечены вручную каждая по отдельности, а не пневмоцилиндром на подвесе, как обычно! При этом ни одна чаша с фильтроэлементом механически не разрушилась – все 3 формы с фильтроэлементами выдержали извлечение ломом с применением однократных ударов маленькой кувалдой.

Выводы:

1. Выброса металла из чаши с фильтроэлементом не наблюдалось.

2. После прокалки – фильтры, клей и чаша были без трещин, загрязнений и готовы к заливке.

3. Экспериментальная заливка показала, что нет существенной разницы во времени заливки с пенокерамическим фильтроэлементом и с фильтроэлементом с прямыми каналами. Причина заключается в затрудненной эвакуации воздушной фазы из полости формы во время заливки, а не в живом сечении фильтроэлемента. Пенокерамический фильтроэлемент имеет живое сечение в 565 мм^2, а фильтроэлемент с прямыми каналами всего 281 мм^2 – однако время заливки не изменяется.

4. Вентиляционные каналы в чаше позволили эффективно осуществить эвакуацию воздушной фазы из полости формы во время заливки. Доказательство – сокращение времени заливки с 16 – 17 секунд (июль, чаша без вентиляционных каналов) до 9 – 11 секунд (октябрь, чаша с вентиляционными каналами).

5. Необходимо увеличить сечение вентиляционных каналов чаши с 84 мм^2 (по 42 мм^2 каждое ухо) до 135 мм^2 (по 67,5 мм^2 каждое ухо) для реализации времени заливки в 5 – 7 секунд, как принято по обычной технологии на ЛЗ ОАО КАМЛИТ.

6. Макроанализ изломов фильтроэлементов показал, что фильтр с прямыми каналами работает как элемент, позволяющий установить ламинарный поток течения металла, а пенокерамический фильтроэлемент улавливает шлак (рисунки 4, 5).

7. Пенокерамический фильтроэлемент, улавливая шлак, позволит получать отливки без пористости.

Работа выполнена по договору № 9932/17/07-К-12 от 20.11.2012, выполняемый в рамках комплексного проекта «Создание семейства двигателей КАМАЗ на альтернативных видах топлива с диапазоном мощностей 300...400 л. с. и потенциалом выполнения перспективных экологических требований»

Список литературы

1. Отчет по научно-исследовательской работе по договору № 9932/17/07-к-12 от 20.11.2012 выполняемый в рамках комплексного проекта «Создание семейства двигателей КАМАЗ на альтернативных видах топлива с диапазоном мощностей 300...400 л.с. и потенциалом выполнения перспективных экологических требований» – 1 этап 2013 г.

Янбаев Руслан Мискадесович *– к.т.н., заведующий кафедрой*
Янбаев Фатих Мискадесович *– к.т.н., начальник отдела*
Шестакова Екатерина Александровна *– ассистент*
Гибатдинов Фенил Феритович *– магистрант*
Галдина Анна Юрьевна *– аспирантка*
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ), г. Казань, Россия