Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов, металлургии и химической промышленности

ИНФОМАЙН

исследовательская группа

www.infomine.ru

Обзор рынка керамических фильтров для литья металлов в России

Москва
апрель, 2015

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: http://www.infomine.ru/research/44/473

Общее количество страниц: 75 стр.
Стоимость отчета – 48 000 рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО "ИГ "ИНФОМАЙН" исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов ИНФОМАЙН, являются надежными, однако ИНФОМАЙН не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. ИНФОМАЙН не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем отчете, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями. Дополнительная информация предоставляется по запросу. Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения ИНФОМАЙН либо тиражироваться любыми способами.

Copyright © ООО "ИГ "ИНФОМАЙН".

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....7

Введение 9

1. Фильтрация расплавов. Виды фильтров, используемых в литейном производстве.....11

2. Производство керамических фильтров для литья металлов в России. Предприятия-производители ПКФ в России 17

ОАО «Слюда» (Нижегородская обл., с. Филинское) 17

3. Анализ внешнеторговых операций с керамическими фильтрами для литья металлов в России в 2007-2014 гг. 21

3.1. Импорт керамических фильтров для литья металлов в Россию в 2007-2014 гг.21

3.2. Основные поставщики керамических фильтров для литья металлов в Россию в 2007-2014 гг. 30

Drache Umwelttechnik GmbH (Германия) 32

Igor Láník–Techservis Boskovice (Чехия)..... 34

Selee Corporation (США)..... 36

Foseco (Vesuvius)..... 37

Jinan Shengquan Group Co (Китай) 39

Keramtech (Чехия)..... 41

4. Анализ импортных цен на керамические фильтры для литья металлов в 2007-2014 гг. Цены российских производителей ПКФ 42

5. Потребление керамических фильтров для литья металлов в России...46

5.1. Баланс производства-потребления керамических фильтров для литья металлов в России в 2007-2014 гг. Структура потребления фильтров.....46

5.2. Основные потребители керамических фильтров для литейного производства47

ОАО «КАМАЗ-Металлургия» (Республика Татарстан) 48

ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод» (Свердловская область)..... 52

ООО «Красноярский металлургический завод» (КраМЗ)..... 54

6. Прогноз развития рынка керамических фильтров для литья металлов в России в 2015-2020 гг. 58

6.1. Текущее состояние и перспективы развития литейного производства и машиностроения в России.....58

6.1.1. Литейное производство 58

6.1.2. Машиностроение 62

Авиастроение 65
Автомобильная промышленность 68
Железнодорожное машиностроение 70
6.2. Прогноз производства и потребления керамических фильтров для литья металлов в России в 2015-2020 гг. 73

Приложение: Адреса и контактная информация производителей и потребителей керамических фильтров для литья металлов 75

Список таблиц

Таблица 1. Характеристики основных видов пенокерамических фильтров
Таблица 2. Финансовые показатели работы ОАО «Слюда» в 2008-2013 гг., млн руб.
Таблица 2. Объемы импортных поставок керамических фильтров для литья металлов по направлениям в 2007-2014 гг., т
Таблица 3. Объемы импортных поставок керамических фильтров для литья металлов по видам в 2008-2014 гг., т
Таблица 5. Объемы поставок керамических фильтров для литья металлов основным импортерам в 2007-2014 гг., т
Таблица 6. Основные поставщики керамических фильтров для литья металлов в РФ в 2007-2014 гг., т
Таблица 7. Основные характеристики пенокерамических фильтров производства Drache Umwelttechnik GmbH
Таблица 8. Основные характеристики пенокерамических фильтров производства Igor Láník
Таблица 9. Основные характеристики керамических фильтров производства SQ Group
Таблица 10. Импортные цены на керамические фильтры по направлениям в 2007-2014 гг., $/т
Таблица 11. Импортные цены на керамические фильтры для литья металлов основных поставщиков в 2012-2014 гг., т, $/т
Таблица 12. Баланс производства-потребления керамических фильтров для литья металлов в России в 2007-2014 гг., т
Таблица 13. Производство различных видов литья ОАО «КАМАЗ-металлургия» в 2008-2013 гг., тыс. т
Таблица 14. Импортные поставки керамических фильтров ОАО «КАМАЗ-металлургия» в 2008-2014 гг., тыс. т
Таблица 15. Импортные поставки пенокерамических фильтров на основе Al_2O_3 ОАО «КУМЗ» в 2008-2014 гг., т
Таблица 16. Импортные поставки пенокерамических фильтров на основе Al_2O_3 ООО «КРАМЗ» в 2012-2014 гг., т
Таблица 17: Темпы роста производства в отдельных подотраслях российского машиностроения в 2009-2014 гг., %
Таблица 18. Производство основных наименований подвижного состава для железнодорожного транспорта в России в 2000-2014 гг.

Список рисунков

Рисунок 1: Динамика импорта керамических фильтров для литья металлов в Россию в 2007-2014 гг., т, млн $
Рисунок 2. Структура импорта керамических фильтров для литья металлов в Россию по странам (средние данные за 2007-2014 гг.), %
Рисунок 3. Изменение региональной структуры импорта керамических фильтров для литья металлов в Россию в 2007-2014 гг., %
Рисунок 4. Динамика импорта прессованных керамических и пенокерамических фильтров в Россию в 2007-2014 гг., т
Рисунок 5. Структура импорта пенокерамических фильтров в Россию по видам (средние данные за 2007-2014 гг.), %
Рисунок 6. Изменение товарной структуры импорта пенокерамических фильтров в Россию в 2008-2014 гг., %
Рисунок 7.Структура импорта керамических фильтров для литья металлов в Россию в 2014 г. по изготовителям, %
Рисунок 8. Динамика средних импортных цен на керамические фильтры для литья металлов в 2007-2014 гг., $/кг
Рисунок 9.Импортные цены на различные виды керамических фильтров для литья металлов в 2010-2014 гг., $/кг
Рисунок 10.Структура потребления керамических фильтров для литья металлов в России в 2014 г., %
Рисунок 11: Динамика производства алюминиевых полуфабрикатов и проката ОАО «КУМЗ» в 1999-2013 гг., тыс. т
Рисунок 12: Динамика производства алюминиевых полуфабрикатов и проката ООО «КраМЗ» в 1999-2013 гг., тыс. т
Рисунок 13: Динамика производства отливок в России в 1990-2014 гг., млн т
Рисунок 14: Структура производства отливок в России по виду литья в 2012 г., %
Рисунок 15: Динамика отгрузок отливок в России в 2011-2014 гг., млрд. руб.
Рисунок 16: Структура производства отливок в России по отраслям применения в 2012 г., %
Рисунок 17: Динамика выпуска в России гражданских самолетов и вертолетов в 2005-2014 гг., ед.
Рисунок 18. Динамика производства автомобильного транспорта в России в 2002-2014 гг. млн шт.
Рисунок 19. Прогноз потребления керамических фильтров в России в 2015-2020 гг., т

АННОТАЦИЯ

Настоящий отчет является первым изданием исследования рынка керамических фильтров для литья металлов в России.

Цель исследования – анализ российского рынка керамических фильтров для литейного производства.

Объектом исследования являются пенокерамические и прессованные керамические фильтры, используемые литейными предприятиями.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, интернет-сайтов производителей керамических фильтров, а также данные, полученные из телефонных интервью с представителями предприятий.

Хронологические рамки исследования: 2007-2014 гг., прогноз – 2015-2020 гг.

География исследования: Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка.

Отчет состоит из 6 частей, содержит 75 страниц, в том числе 18 таблиц, 19 рисунков и 1 приложение.

В **первой главе** отчета дана классификация керамических фильтров и описаны виды фильтров, применяемых в литейном производстве.

Вторая глава отчета посвящена производству керамических фильтров в России. В этом разделе оценены объемы выпуска керамических фильтров, а также описаны основные производители фильтров для литья металлов.

В **третьей главе** анализируются российские внешнеторговые операции с керамическими фильтрами для литья металлов за период 2007-2014 гг. Приведены данные об объемах импорта изучаемой продукции, оценены товарная и региональная структура поставок.

Четвертая глава посвящена анализу цен на керамические фильтры для металлургии. В этом разделе приведен обзор импортных цен.

В **пятой главе** отчета, посвященной потреблению керамических фильтров литейными предприятиями, приведен баланс производства-потребления данной продукции в России. Также в данном разделе приведена отраслевая структура потребления, описаны основные потребители среди предприятий металлургической промышленности.

В **шестой главе** отчета приводится прогноз развития рынка керамических фильтров для литья металлов до 2020 г., учитывающий прогноз развития литейного производства.

В **приложении** приведена контактная информация производителей и потребителей керамических фильтров для литейного производства в России.

Целевая аудитория исследования:

- участники рынка технической керамики – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке технической керамики и литейного производства.

Введение

В современной металлургической промышленности на всех стадиях обработки металлов – от добычи руды до получения готовых изделий – огромную роль играют фильтрующие материалы, применение которых позволяет снизить технологические издержки при обезвоживании и извлечении концентратов, уменьшить содержание возгонов металлов в отходящих газах, улучшить качество металлов и сплавов за счет отделения неметаллических включений.

Неуклонно возрастающие в современных условиях рыночной конкуренции требования к качеству и эксплуатационным характеристикам литых деталей заставляют производителей литья изыскивать новые резервы технологии. Одной из таких возможностей является внутриформенная фильтрационная очистка расплава, которая позволяет в значительной степени сократить количество неметаллических включений в заливаемом металле в период заполнения им полости литейной формы.

В зарубежной практике в последние десятилетия интерес к фильтрационному рафинированию расплавов значительно возрос. На Российских предприятиях, производящих литые детали, применение фильтров встречается значительно реже, преимущественно при литье алюминиевых сплавов. Это связано, возможно, с малыми объемами изготовления отечественных фильтров для литейного производства и высокой ценой данной продукции зарубежного производства.

Техническая керамика относится к относительно новому виду материалов, масштабы ее производства уступают производству традиционных металлических и полимерных материалов. Вместе с тем, темпы роста ее производства превышают соответствующие темпы роста выпуска стали, алюминия и др. металлов.

Перспективность использования технической керамики обусловлена:

- исключительным многообразием ее свойств;
- доступностью сырья для ее производства;
- меньшей энергоемкостью производства по сравнению с металлами и большей экологичностью применяемых технологий;
- большей биологической совместимостью по сравнению с металлами и полимерами.

По оценкам, объем мирового рынка технической керамики составляет около 50-51 млрд долл. При этом основная доля использования технической керамики приходится на Японию – 35%, США и страны Европы (по 30%).

Основным материалом технической керамики был и остается оксид алюминия, на долю которого приходится около 38-40% всей производимой в

мире технической керамики. Доля диоксида циркония, по оценкам, составляет в настоящее время около 6-8%.

Пенокерамика – это современный материал, востребованный во многих производственных сферах. Изготавливается из высокодисперсных минеральных порошков, а также из жидких пен; имеет пористую структуру.

Пенокерамика обладает низкой теплопроводностью и высокой жаростойкостью. Именно поэтому пенокерамические фильтры обычно используются при первичной и вторичной выплавке алюминия, а также для фильтров печей алюминивого плавления. Пенокерамические фильтры в основном применяются для того, чтобы отделить расплавленный металл от механических примесей, чтобы устранить образование дефектов в металлических отливках из-за этих примесей. При фильтрации пути для расплавленного металла проходят через поры фильтра, которые легко пропитываются расплавленным металлом.

Также пенокерамические фильтры достаточно широко применяются при фильтрации чугуна.

Фильтрация стали и сплавов черных металлов пока не получила такого широкого распространения, как рафинирование цветных металлов и чугуна. Пенокерамические фильтры используют в основном для получения отливок ответственного назначения или при непрерывной разливке стали.

1. Фильтрация расплавов. Виды фильтров, используемых в литейном производстве

Стремление к повышению качества отливок и эффективности их изготовления сопровождает литейное производство с момента его возникновения. Веками литейщики стремились производить отливки самого высокого уровня чистоты, с высококачественной поверхностью и улучшенными характеристиками. А этого можно добиться снижением содержания загрязнений в металле. И только в 30-х годах XX века, благодаря применению законов о течении и использованию эмпирического опыта, было положено начало систематическому подходу к конструированию и расчету литниковых систем. Отделение включений достигалось в первую очередь с помощью массивных литниковых чашек (позже с использованием перегородок или пробок), а также использованием специальных шлакоуловительных секций литниковой системы. В большинстве эти решения использовали принцип раздельной густоты включений и металла.

Этот принцип можно применять для ферросплавов, в которых включения имеют значительно меньшую плотность, чем металл. Наоборот, в сплавах, в которых плотность включений практически такая же, как и плотность металла (типичный пример – сплавы алюминия), с помощью этого механизма невозможно улавливать включения, а необходимо использовать иные принципы. Например, используется такой факт, что включения в литниковой системе налипают на стенки формы. Поэтому плоские каналы литниковой системы неплохо улавливают включения, особенно, типа окисных пленок. Однако эффективность этих способов сепарации ограничена.

Начиная с середины 60-х годов в литейных цехах начали применять керамические фильтровальные сетки. Чаще всего они размещались в литниковой воронке в месте перехода в центровой литник для улавливания грубых частиц включений. Общая невыгода всех этих методов заключается в массивности литниковой системы, что снижает использование жидкого металла и повышает стоимость изделия. Уже с конца 70-х годов начинается применение средств для улавливания включений в литниковых системах (фильтровальные сетки и фильтры). Начало их применения было связано с литьем алюминиевых сплавов, прежде всего, для авиационной промышленности. Фильтрация ферросплавов затрудняется значительно более высокими температурами металла и, следовательно, более высокими требованиями к работе фильтров в условиях высоких температур, достигающих 1500 °С. Толчком к массовому применению фильтров стало развитие производства сплавов с шаровидным графитом в 80-х и особенно, в 90-х годах. Фильтрация стали затруднена, прежде всего, из-за высоких требований к устойчивости керамики к воздействию высоких температур, достигающих 1700 °С, что приводит к возрастанию стоимости фильтров. Поэтому фильтрация при разливке стали используется, прежде всего, при изготовлении специальных отливок

отвечающих высоким требованиям, спрос на которые постоянно растет. Огромный рост фильтрации (не только) стали был зарегистрирован в начале 21 века, что обусловлено прежде всего драматическим ростом цен металла и более комплексным распространением технологии прямого литья металла через прибыль при использовании экзотермических вставок и специальных фильтров на основе углерода.

С начала 2000 годов фильтры для чугуна и цветного литья начали постепенно использоваться в России. Но в отличие от чугуна и цветных сплавов, фильтрация стали не получила аналогичного развития.

В настоящее время происходит постоянное увеличение числа металлургических предприятий, начинающих использование в своих технологических процессах литейных фильтров.

Для фильтрации расплава применяется целый ряд различных фильтров, которые отличаются конструкцией, фильтрационной способностью и областью применения:

В *плоских фильтрах* загрязнения улавливаются процеживанием приточной стороной фильтра с образованием фильтрационного кека. В *объемных фильтрах* происходит как поверхностная (на приточной стороне), так и глубинная фильтрация. От размеров отверстий, их сечения, геометрического расположения и материала, из которого изготовлен фильтр, зависит эффективность глубинной фильтрации.

Плоские фильтры работают из-за их «двухмерных» пор лишь в качестве фильтровальных сеток с возможностью образования фильтрационного кека на их поверхности. У плоских фильтров не имеет места глубинная фильтрация.

Металлические сетки

Металлические сетки применимы лишь для сплавов с более низкой температурой разливки, типичной для сплавов алюминия. Так как включения в сплавах алюминия имеют в основном характер пленок, эффективность металлических решеток (сеток) довольно хорошая. Выгодой является также благоприятная цена. После затвердевания, однако, твердый стальной фильтр остается в литниковой системе, с которой попадает в качестве возвратного материала обратно в плавильную печь, что может повлечь за собой нежелательное повышение содержания железа в расплаве.

Тканевые фильтры

Тканевые фильтры вытканы из жаростойких волокон в форму, приблизительно похожую на металлическую сетку. Фильтры отличаются размером ячеек, профилем и толщиной волокон, свитых в отдельные пряди. Для улучшения эффективности фильтрации текстильный материал фильтра может быть пропитан специальной смолой. Тканевые фильтры отличаются низкой теплоёмкостью, поэтому можно в одну форму поместить даже несколько фильтров на различных местах. Этот подход дает возможность, например, на первом фильтре уловить примеси, попадающие в форму вместе с

жидким металлом, а на последующих фильтрах улавливать более мелкие включения, которые возникли при течении в литниковой системе. Могут быть также использованы в качестве вспомогательного средства для несложного отсоединения прибыли от собственно корпуса отливки.

Объемные фильтры

Литниковые сетки – это керамические продукты с прямыми круглыми отверстиями размером обыкновенно в диапазоне ø 4-10 мм, с толщиной 6-20 мм. Устанавливаются на дне литниковой чаши в зоне перехода в стояк, и их цель сводится в первую очередь к улавливанию первичного шлака в начале литья, когда чаша не заполнена. Включения улавливаются лишь механизмом процеживания, эффекты глубинной фильтрации пренебрежимо малы. Наряду с улавливанием грубых примесей они имеют также другие благоприятные воздействия. Ускоряют заполнение литниковой чаши, предотвращают образование завихрения над стояком и ограничивают турбулентность металла. Сетки могут также служить в качестве вспомогательного элемента для ввода модификатора прямо в форму.

Прессованные фильтры производятся методом прессования по тому же принципу, что и сетки, однако отличаются большей толщиной (чаще всего 10-22 мм) и ограниченным диаметром круглых отверстий (ø1-3 мм). Наряду с механизмом более эффективного процеживания малых частиц и принципом образования фильтрационного кека можно тоже зарегистрировать глубинную фильтрацию, прямо зависящую от внутренней поверхности отверстий в контакте с расплавом. Преимуществом данного типа фильтров является их низкая цена, высокая точность и механическая прочность. Недостатком является пониженная эффективность фильтрации, высокая теплоёмкость, высокий объемный вес и низкая гибкость производства, ограниченная наличием прессового инструмента.

Экструдированные фильтры производятся технологией вытяжки из пластической керамической массы. Благодаря этой технологии можно производить фильтры с малой толщиной стенки и более подходящей формой отверстий (квадрат, треугольник), имеющие расширенную и более эффективную активную площадь для улавливания включений путем «глубинной фильтрации». По сравнению с прессованными фильтрами отличаются сниженной теплоёмкостью, более высокой скоростью литья, однако проигрывают в точности и механической прочности. Разнообразие форм фильтров ограничено формой штампа для выдавливания, и поэтому гибкость производства находится на низком уровне. Так же, как и у литниковых сеток, у фильтров важной характеристикой является отношение площади сечения потока к общей площади. Часть площади, образованная керамикой, ограничивает живое сечение. Для предотвращения сужения потока металла, проходящего через фильтр, сечение фильтра должно быть соответственно увеличено по сравнению с сечением стояка, по крайней мере, так, чтобы общее

живое сечение отверстий равнялось контролирующему сечению литниковой системы.

Пенокерамические фильтры (ПКФ) образованы открытой системой взаимно соединенных ячеек. Фильтры по внешнему виду напоминают губку, получают их методом пропитки органической пены (например, вспененного полиуретана) керамическим шликером, удалением за счет обжатия его излишка с последующей сушкой и выжиганием в печи органической основы. В большинстве случаев обжиг способствует спеканию керамики. Структура пенокерамического фильтра состоит из сети «додекаэдров». Эти поры ограничены керамическими нитями, имеющими более или менее правильное треугольное сечение, которые переплетаясь, образуют пятиугольные отверстия различного размера. Некоторые из пор закрыты керамическим составом, но это позволяет увеличить длину лабиринта, по которому металл проходит через фильтр. Пенообразная структура фильтра подавляет турбулентность расплава и создает условия для управляемой скорости заливки, и, естественно задерживает любые включения на пути к отливке

Поток металла в пенокерамическом фильтре имеет локальные завихрения и частые изменения направления, из-за чего включения находятся часто в контакте со стенками каналов фильтра, к которым прилипают. Эта система выгодна особенно для глубинной фильтрации, где можно эффективно устранить даже очень мелкие включения до размера 1-5 мкм.

Включения, размеры которых намного меньше, чем размеры пор, прилипают к стенкам и улавливаются взаимно, т.е. образуют «мосты», закреплённые на стенках фильтра. С нарастающим количеством таким способом уловленных включений фильтр постепенно забивается и, наконец, станет непроходным. Фильтрационная способность зависит от количества включений, размера пор и от адгезионных сил между отдельными включениями и фильтром (зависит от материала фильтра).

Пенокерамические фильтры имеют идеальное сочетание свойств. Они способны задерживать крупные включения на поверхности и мелкие частицы (значительно меньше размера пор) в теле фильтра. Задержание мелких включений происходит за счет прохождения металлом протяженного лабиринта пор по пути от входной к выходной поверхности фильтра.

Высокая эффективность глубинной фильтрации является самым главным преимуществом пенокерамических фильтров по сравнению со всеми остальными типами. В глубинной фильтрации принимает участие вся толщина фильтра – чем выше толщина фильтра, тем эффективнее фильтрация. Толщина пенокерамических фильтров лежит обыкновенно в диапазоне 12-50 мм. К другим преимуществам фильтров относится высокая гибкость производства. На основе подобранного исполнения фильтра можно потом применять фильтры с высокой механической прочностью, фильтры с низким объемным весом, низкой теплоемкостью, высокой жаростойкостью, высокой эффективностью

фильтрации, высокой скоростью литья и низкой ценой в зависимости от области их применения, от различных размеров и форм.

В настоящее время разработаны различные ПКФ со свойствами, удовлетворяющими требованиям литья большинства цветных металлов и сплавов. Для фильтрации алюминия в течение многих лет в металлургическом производстве используют оксид алюминия на фосфатном связующем и материалы системы Cr_2O_3-Al_2O_3. В некоторых случаях для литья алюминиевых сплавов, обладающих высокой активностью, успешно применяют фильтры из спеченного оксида алюминия без связующего. Фильтры на фосфатном связующем также используют для фильтрации цветных металлов и их сплавов с низкой температурой плавления: латунь, бронза, цинк, олово, медь и др.

Черные металлы и их сплавы по сравнению с цветными металлами имеют более высокие химическую активность и температуру разливки, поэтому потребовались разработка технологии и создание новых высокотемпературных пенокерамических фильтров с повышенной химической стойкостью. При получении отливок из чугуна (особенно с шаровидным графитом) применяют ПКФ на основе карбида кремния. Эти фильтры эффективно внедряют в литейных цехах автомобильной промышленности ряда стран при массовом производстве чугунных отливок ответственного назначения.

Грубые фильтры с пористостью 4 поры на 1 см используют, как правило, для литья чугуна с шаровидным графитом и получения отливок большой массы. Фильтры с пористостью 8 пор на 1 см рекомендуются для рафинирования серых чугунов и, наконец, мелкие фильтры с пористостью 12 пор на 1 см – для литья ковкого чугуна

Специфической областью применения пенокерамических фильтров является производство стальных отливок.

Фильтрация стали и сплавов черных металлов пока не получила такого широкого распространения, как рафинирование цветных металлов и чугуна. Пенокерамические фильтры используют в основном для получения отливок ответственного назначения или при непрерывной разливке стали.

По сравнению с другими фильтрованными сплавами сталь отличается несколькими специфическими чертами. В первую очередь это очень высокая температура плавления данных сплавов (до 1700 ˚С) и связанная с этим высокая цена огнеупорных материалов (циркон, углерод), используемых для производства пенокерамических фильтров. Кроме того, это – целый ряд разных производственных технологий и, не в последнюю очередь, разнообразие разливаемых материалов с точки зрения их химического состава и с точки зрения свойств жидкого металла (большие расхождения по вязкости и ширине двухфазной области, т.е. склонность к переохлаждению сплава).

Виды пенокерамических фильтров обусловлены, прежде всего, требованиями к области их применения. На практике фильтры служат для

фильтрации сплавов цветных металлов (температура разливки до 1000 °С), для фильтрации чугуна с шаровидным и пластинчатым графитом и для фильтрации стали. В зависимости от области применения для изготовления фильтров используются материалы, основанные на Al_2O_3, SiC, ZrO_2 или графите (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики основных видов пенокерамических фильтров

Основной материал фильтра	Рабочая температура, не более °С	Область применения	Цвет фильтра
Циркон (ZrO_2)	1700	Высоколегированная сталь, специальные сплавы	желтый, желто-оранжевый
Графит (С)	1680	Сталь	черный
Карбид кремния (SiC)	1500	Чугун, медные сплавы	серый, темно-серый
Оксид алюминия (Al_2O_3)	1100	Алюминиевые сплавы	белый

Источник: данные «Инфомайн»

Объектом данного исследования являются объемные – прессованные и пенокерамические – фильтры.