

# НОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МР-МАТЕРИАЛАМ - БЕСПЛАМЕННЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ГОРЕЛКИ

Иван Соломонович Пятов, Александр Михайлович Шевкун, ООО "РЕАМ-РТИ"  
Анатолий Павлович Бевз, ООО "Энергооборудование"

В 1966 г. в Куйбышевском авиационном институте талантливый инженер и ученый Александр Миронович Соيفер закончил разработку концепции проволочных проницаемых материалов на основе соединения и компактирования спиральных пружин, образующих при прессовании упруго деформируемую пористую систему. Новый уникальный материал, опытные образцы которого были изготовлены в Лаборатории № 1 КуАИ, получил название МР (металлорезина) или проволочный проницаемый материал (ППМ).

Сегодня изделия из ППМ применяются в самолётах и космических кораблях, подводных и надводных судах, медицине, атомной промышленности.

На основе ППМ созданы разделители сред, виброизоляторы, демпферы, уплотнения, катализаторы, теплопередающие устройства и другие изделия, которые нашли широкое применение в промышленности и позволяют решать актуальные проблемы, возникающие при создании новой техники.

Изначально материал ППМ разрабатывался для виброзащиты изделий, но благодаря обладанию целой гаммой полезных свойств открываются все новые и новые области его применения.

ООО "РЕАМ-РТИ", приняв за основу наработанные последователями А.М. Соифера технологии, с 1993 г. серийно производит фильтроэлементы (ФЭ) из ППМ для фильтрации газа и жидкости и совершенствует как технологические приемы серийного производства, так и конструктивные решения самих изделий.

Особенности структуры ППМ, связанные с упругостью материала и отсутствием тупиковых каналов, позволили дать рынку высокой степени регенерируемые ФЭ с тонкостью фильтрации сред до 2 мкм.

Применение технологий ППМ в фильтрующих системах - только одно из направлений применения этого прогрессивного конструкционного материала.

Благодаря интересу отечественных разработчиков устройств беспламенного горения газового топлива (В.М. Шмелева, В.С. Арутюнова, ИХФ РАН), прежде всего к поиску альтернатив традиционным в этой сфере пористым материалам, новым направлением использования ППМ стали устройства газохимической конверсии попутного газа и инфракрасного нагрева.

Инфракрасное излучение характеризуется способностью передавать тепловую энергию от тела к телу с минимальными потерями в газовой среде. Это свойство определяет перспективы

использования газовых беспламенных горелок инфракрасного излучения для целей нагрева. На рис. 1 показана связь между температурой поверхности ИК-горелки и интенсивностью теплового потока.

Матрица из ППМ обладает упругостью, высокой термической и химической стойкостью, не чувствительна к ударам, не имеет склонности к растрескиванию при попадании на нагретую поверхность холодного продукта (рис. 2).



Рис. 2 Сопоставление прочностных свойств ИК-горелок из керамики (а) и ППМ (б)

Форма канала структуры ППМ представляет собой щель переменного сечения между соседними проволочными витками. Матрица из ППМ при прохождении через нее газозвушной смеси (ГВС) оказывает потоку минимальное гидравлическое сопротивление и одновременно способствует интенсивному перемешиванию сред и максимальной гомогенизации ГВС.

Особенности каналов в структурах ППМ приведены на рис. 3а, а в высокопористых ячеистых материалах - на рис. 3б.



Рис. 3а Внешний вид матрицы из ППМ и структуры её каналов



Рис. 3б Внешний вид керамической структуры и её каналов

Кроме того, объемная трехмерная структура ППМ отличается весьма значительной протяженностью поровых каналов, что увеличивает путь и время прохождения ГВС через объем матрицы, следовательно и время предпламенных реакций, обеспечивая тем самым лучшую полноту сгорания ГВС и значительное снижение выбросов окислов углерода и азота.

Предповерхностное внутриканальное горение вызывает равномерный разогрев поверхности металлической матрицы, до 50 %

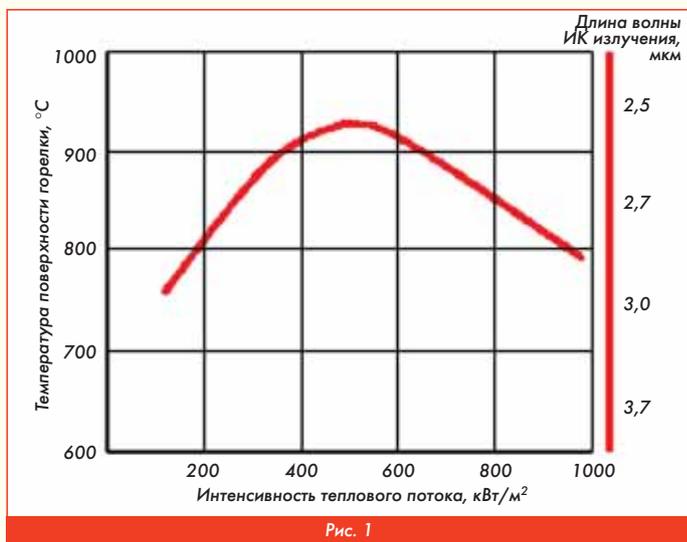


Рис. 1

энергии горения переходит в радиационное излучение, что существенно увеличивает КПД газового нагревателя.

Беспламенное горение внутри объема проволочной матрицы (эффект теплового фитиля) снижает температуру горения и тем самым существенно уменьшает выбросы окислов азота в атмосферу. По результатам испытаний в ГНУ ГОСНИТИ выявлено резкое сокращение токсичности отходящих газов (до 10 раз и более) при применении горелок с объемной трехмерной матрицей в сравнении с традиционными горелками "открытого пламени".

Известно, что малотоксичное горение свидетельствует о высоком качестве предпламенных реакций и высокой эффективности процесса горения в целом. Испытания в ГНУ ГОСНИТИ показали, что объемные трехмерные матрицы горелочных устройств экономят до 50 % газа в сравнении с традиционными горелками "открытого пламени".

Практическим результатом этого нового направления применения материала из ППМ стало изготовление пластин-излучателей инфракрасных горелок для котлов промышленной теплоэнергетики (рис. 4).

Используемые в настоящее время в горелках водогрейных котлов, а также в других нагревательных устройствах беспламенного горения, высокопористые металлы, в силу своей жесткой структуры, в процессе работы подвержены значительным, порой до значений предела прочности, температурным напряжениям. Эти напряжения обусловлены, прежде всего, значительным градиентом температуры на внешней и внутренней поверхностях горелочного элемента (например, в водогрейном котле градиент температуры может достигать 600 °С). Кроме того, температурное напряжение носит циклический характер (за весь период эксплуатации число циклов может быть более 20 000).

Именно по вышеуказанной причине, как основной, компания ООО "Энергооборудование" была вынуждена искать альтернативу металлическому высокопористому проницаемому ячеистому материалу (ВПЯМ).

В соответствии с техническими условиями компании на горелочный элемент для водогрейного котла ООО "РЕАМ-РТИ" разработало конструкцию и изготовило партию пластин из ППМ. Эксплуатация данных пластин в отопительный сезон 2014-2015 гг. показала их высокую надёжность к циклическим температурным нагрузкам и возможность безаварийной работы. Пластины ППМ прошли испытания в газовом водогрейном котле беспламенного горения серии КТГ.

Результаты испытаний пластин ППМ показали перспективность их применения в горелочных устройствах, благодаря высокой надежности, эффективности и экологичности, которые обеспечиваются некоторыми особенностями структуры пластин ППМ:

- упругость тела пластины практически снимает внутренние температурные напряжения, как самой пластины, так и горелки в целом, которые свойственны жестким матрицам из-за неравномерного теплового расширения материала;

- каналы, образованные проволочным материалом пластины, имеют переменное сечение, что способствует микродиффузионным процессам как смешения газа и воздуха, так и поверхностного горения;

- возможность организации процесса горения при температурах не выше 850 °С и обеспечения этим высокого ресурса материала горелочного устройства.

Эффективность окислительной реакции и интенсивность вредных выбросов в газовых нагревательных элементах в большей части определяется качеством смешения газа и воздуха, а также процессом нагрева газозвоздушной смеси в ходе окислительной реакции. Оба данных фактора во многом зависят от структуры и материала тела горелочного элемента. Технологии изготовления горелочного элемента из ППМ, разработанные ООО "РЕАМ РТИ", позволяют иметь различные по структуре и применяемым материалам горелочные элементы с заданными характеристиками, а технология холодного формования изделий из ППМ даёт возможность изготавливать горелочные устройства

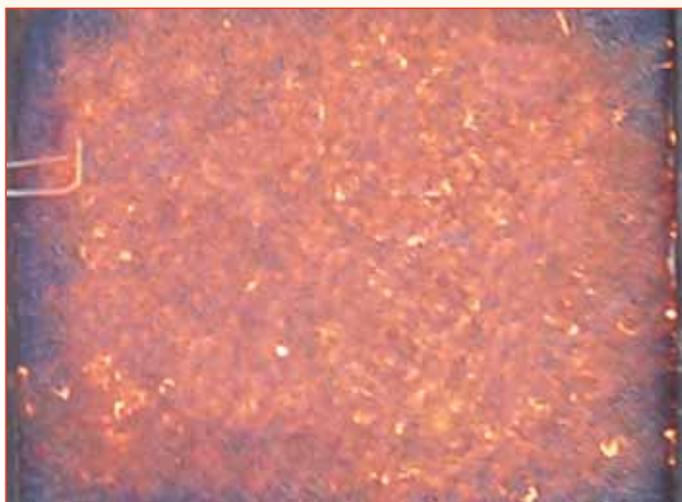


Рис. 4 Элемент горелки с объемной многослойной пластиной из ППМ производства ООО "РЕАМ-РТИ" для водогрейных котлов беспламенного горения (серия КТГ)

всевозможных форм: от плоской пластины до полого объемного тела различной конфигурации (рис. 5).

Данные технологии также позволяют использовать горелочные элементы ООО "РЕАМ-РТИ" в нагревательных устройствах широкого спектра применения.

Для инфракрасных горелочных устройств с горелочными элементами из ППМ могут быть использованы различные газовые топлива, включая природный газ метан; пропан/бутановые смеси; попутные газы; биогаз.

Кроме того возможно использование бедных смесей на основе этих газовых топлив.

Удельная мощность инфракрасного горелочного устройства на метане достигает 100 Вт/см<sup>2</sup> рабочей поверхности горелки, глубина регулирования мощности 20...100 %. КПД горелки от 96 до 98 %. Выбросы по СО не более 35 ppm, а по NO<sub>x</sub> не более 10 ppm.

Таким образом, развитие конструкций и малозатратный перевод нагревательных агрегатов с традиционными горелками на горелочные устройства из проволочного проницаемого материала (ППМ) - верный путь к существенному экономическому эффекту в эксплуатации нагревательных агрегатов, прежде всего благодаря снижению расхода газа и токсичности, нечувствительности горелок к нештатным ситуациям при эксплуатации.

Накапливаемый опыт применения ППМ в области тепловой энергетики и развитие технологий производства изделий из ППМ могут быть востребованы, например, при разработке высокоэффективных малотоксичных камер сгорания отечественных микротурбинных генераторных установок с регенеративным рабочим циклом на газовых топливах.



Рис. 5 Изделия из ППМ для устройств инфракрасного нагрева