

## ПРОШИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ НА ОСНОВЕ МУЛЛИТОВОГО ПОЛОТНА

**Л. П. ДОЛГИЙ**, канд. техн. наук, **И. Г. РАКОВ**,  
**А. М. МИХАЛЬЦОВ**, канд. техн. наук, **С. В. МАРЦЕВА**  
Белорусский национальный технический университет

*В работе приведен анализ применяемых в промышленности муллитокремнеземистых материалов. Отходы производства и бывшие в употреблении элементы теплоизоляционных конструкций из указанных материалов предложены в качестве основы для изготовления объемных керамических фильтров для жидких расплавов. Разработана методика и изготовлена лабораторная оснастка для получения прошивных фильтров. Получены образцы прошивных фильтров с пропиткой термостойким связующим, в том числе с добавками активных дисперсных компонентов для придания фильтруемому расплаву в процессе заливки требуемых свойств.*

**Ключевые слова:** муллитокремнеземное полотно, фильтрация, термостойкое связующие, лабораторная оснастка, прошивные фильтры

## SILICON BASED FABRIC FIRMWARE FILTERS

**L. P. DOLGI**, Ph. D. in Technical Sciences, **I. G. RAKOV**,  
**A. M. MIKHALTSOV**, Ph. D. in Technical Sciences, **S.V. MARTSEVA**  
Belarusian National Technical University

*In the study, an analysis of silica -based materials used in the industry was carried out. Production waste and former use elements of thermal insulation structures from these materials are proposed as the basis for the manufacture of volumetric ceramic filters for liquid melts. A technique has been developed and laboratory equipment was manufactured for obtaining firm filters. Samples of firmware filters with impregnation with heat -resistant binders were obtained, including with the additions of active dispersed components to give the filtering melt in the process of filling the required properties.*

**Keywords:** silica canvas, filtering, heat-resistant bonds, laboratory equipment, firmware filters

Для тепловой изоляции нагревательных устройств в металлургии и литейном производстве получил распространение материал под названием муллит. Указанный материал предлагают в виде муллитокремнеземистого рулонного войлока, муллитовой ваты, муллитокремнеземистого волокна, рулонного материал, картона, кирпича.

Муллит – минерал из класса силикатов, имеет непостоянный химический состав от  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  до  $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ , плавится при температуре около  $1810\text{--}1830\text{ }^\circ\text{C}$  [1].

Получить муллитовые ткани по текстильной технологии пока не удается ввиду малой длины нитевидных кристаллов соединения, образующихся при их получении (рисунок 1). Поэтому для изготовления компактного продукта из отдельных кристаллических волокон применяют, как правило, бумажную технологию с использованием связующих и прокатки.

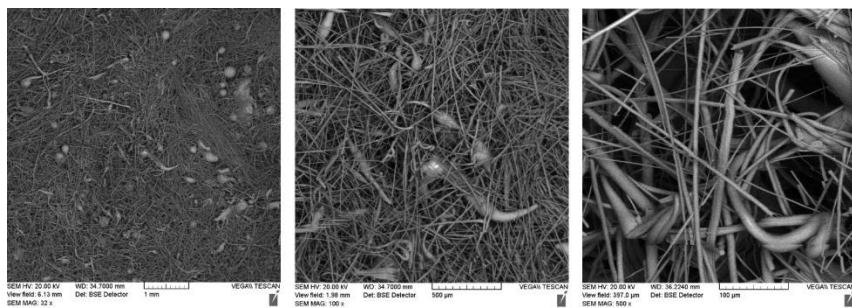


Рисунок 1 – Муллитовое полотно при различном увеличении

Наиболее подходящим составом для образования пространственного каркаса муллита является соотношение между оксидом алюминия и оксидом кремния 80/20 по массе, что соответствует формуле  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  [1]. На основании данного состава во ФГУП ВНИИАМ (Россия) был создан высокотемпературный материал ТЗМК-1700 с рабочей температурой  $1700\text{ }^\circ\text{C}$  [2].

Можно предположить, что не все промышленно выпускаемые продукты из муллита обладают указанной рабочей температурой ввиду различных условий получения, наличия примесей, непостоянного состава. В качестве экспериментального материала в насто-

ящей работе было выбрано муллитовое полотно, использованное в качестве теплоизоляционного слоя муфельных печей.

С целью опробования указанного материала в качестве основы для изготовления фильтров для рафинирования металлических расплавов была разработана специальная методика.

Исходя из особенностей получения исходного продукта в виде рулонного материала небольшой толщины, целесообразной представляется технология получения прошивных объемных фильтров. Для ее реализации была разработана специальная оснастка, состоящая из основания (рисунок 2, позиция 1) и двух плит (протяжной, рисунок 2, позиция 2 и прижимной, рисунок 2, позиция 3), которые центрируются на основании. Основание представляет собой площадку размерами 100×100 мм, на которой расположены заостренные штыри. На основание помещается протяжная плита, затем послойно накладываются фрагменты муллитового волокна.

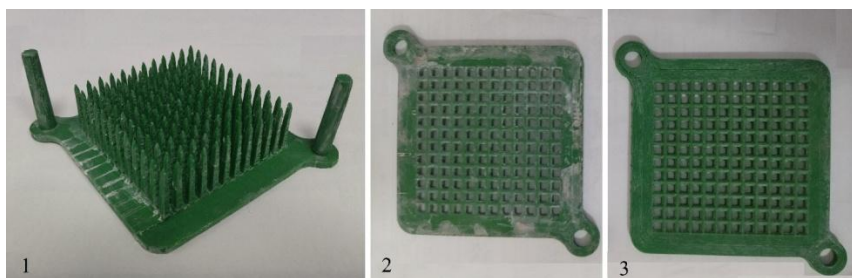


Рисунок 2 – Оснастка для формирования прошивных фильтров

В качестве связующего использовали 14%-й раствор этилсиликата в сиалите, хорошо зарекомендовавший себя при подготовке сетчатых фильтров [3]. Можно предположить, что связующее на основе сиалита с добавкой этилсиликата позволит получить не только компактный, обладающий необходимой конструкционной прочностью прошивной фильтр, но также способствующий дополнительному повышению его термостойкости. После укладки полотна на основание с протяжной плитой производилась его обработка указанным выше раствором. С целью равномерного распределения раствора по объему уложенного полотна производилась послойная опрессовка заготовки с помощью прижимной плиты. После не-

большой выдержки (3–5 мин) осуществляли подрыв полученной заготовки за счет подъема протяжной плиты на 2–3 мм относительно основания. Это необходимо для предотвращения формирования плотных контактов между заготовкой и прошивными элементами, что из-за значительной адгезии контактирующих материалов затруднит протяжку плиты при ее окончательном извлечении.

Использование сиалита в смеси с этилсиликатом, как было показано в работе [4], требует проведения операции отверждения фильтра в два этапа. На первом этапе протекает процесс золь-гель перехода адсорбированного на волокнах муллита раствора и формирование первичной прочности. Процесс протекает за счет интенсивной конвекции во время обдува заготовки при температуре 25–30 °С. При отработке технологии получения сетчатых фильтров этот этап завершается в пределах одного часа. Для случая изготовления объемных прошивных фильтров это время должно быть увеличено как минимум в 3 раза вследствие низкой объемной теплопроводности опрессованного полотна. На втором этапе, после завершения операции золь-гель перехода, из формирующегося фильтра удаляется избыток влаги за счет ее испарения при температуре 180 °С в течение 1 ч и происходит формирование окончательной каркасной прочности (рисунок 3).

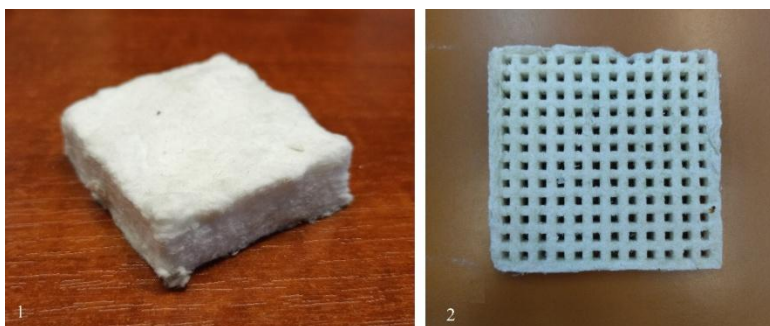


Рисунок 3 – Внешний вид не опрессованного (1) и прошитого (2) муллитового полотна

Предложенная технология позволяет наряду с формированием необходимой прочности вводить в связующий раствор добавки как для дополнительного повышения термостойкости фильтра, так и с

целью воздействия на фильтруемый сплав для получения в отливках заданных свойств. Для этой цели могут быть использованы дисперсные материалы, обладающие необходимыми физико-химическими свойствами и хорошо смачиваемые в растворе сиалита.

Предварительные эксперименты показали, что этому условию отвечают такие материалы, как графит серебристый (карбюризатор), оксид хрома, промытый и измельченный шлак алюминиевых сплавов (основа –  $Al_2O_3$ ), оксиды железа. Образцы протяжных объемных фильтров на основе муллита с использованием растворов этилсиликата в сиалите с указанными добавками в количестве 5 % масс. представлены на рисунке 4.

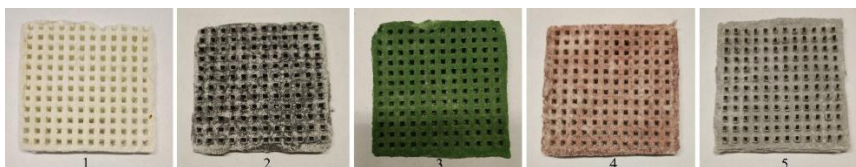


Рисунок 4 – Образцы прошивных объемных фильтров на основе муллита:

- 1 – без модифицирующей добавки; 2 – с добавкой 5 % масс. графита;
- 3 – с добавкой 5 % масс. оксид хрома; 4 – с добавкой 5 % масс. оксид железа;
- 5 – с добавкой 5 % масс. отмытого шлака алюминиевых сплавов

## Список литературы

**1. Щетанов, Б. В.** Теплозащитные материалы / Б. В. Щетанов, Ю. А. Ивахненко, В. Г. Бабашов // Российский химический журнал. – 2010. – Т. LIV. – № 1. – С. 12–19.

**2. Гибкий** низкоплотный высокотемпературный материал на основе муллитокорундового волокна [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17613>. – Дата доступа: 09.10.2024.

**3. Разработка** технологии повышения термостойкости сетчатых фильтров / Л. П. Долгий [и др.] // Металлургия: Республ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, БНТУ, 2023. – Вып. 43. – С. 134–144.

**4. Влияние** армирующей пропитки на прочность сетчатых фильтров / Л. П. Долгий [и др.] // Металлургия: Республ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, БНТУ, 2024. – Вып. 44. – С. 61–66.

## Reference

**1. SHCHetanov, B. V.** *Teplozashchitnye materialy* [Thermal protection materials] / B. V. SHCHetanov, YU. A. Ivahnenko, I. G. Babashov // *Rossijskij himicheskij zhurnal = Russian Chemical Journal*. – 2010. – Vol. LIV, No. 1. – P. 12–19.

**2. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17613>.**

**3. *Razrabotka* tekhnologii povysheniya termostojkosti setchatyh fil'trov** [Development of technology for increasing the heat resistance of mesh filters] / L. P. Dolgij [et al.] // *Metallurgiya: respublikanskij mezhdovedomstvennyj sbornik nauchnyh trudov = Metallurgy: republican interdepartmental collection of scientific papers*. – Minsk: BNTU Publ., 2023. – Vyp. 43. – P. 134–144.

**4. *Vliyanie* armiruyushchej propitki na prochnost' setchatyh fil'trov** [The influence of reinforcing impregnation on the strength of mesh filters] / L. P. Dolgij [et al.] // *Metallurgiya: respublikanskij mezhdovedomstvennyj sbornik nauchnyh trudov = Metallurgy: republican interdepartmental collection of scientific papers*. – Minsk: BNTU Publ., 2024. – Vyp. 44. – P. 61–66.

*Поступила 17.10.2024*

*Received 17.10.2024*