

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

## МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции  
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,  
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ**

**Металлургия ғылымы мен өнеркәсібінің мәселелеріне және белгілі  
ғалым металлург, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі,  
Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сыйлығының иегері  
Болат Балтақайұлы Бейсембаевті еске алуға арналған  
«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»  
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның**

**МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ**

**Международной научно-практической конференции  
«Эффективные технологии производства цветных, редких и  
благородных металлов», посвященной проблемам металлургической  
науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга,  
члена-корреспондента Академии наук РК,  
лауреата Государственной премии Республики Казахстан  
Булата Балтакаевича Бейсембаева**

**PROCEEDINGS**

**of International scientific and practical conference  
“The Effective Technologies of Non-Ferrous,  
Rare and Precious Metals Manufacturing” devoted to the metallurgy  
science and industry concerns and in memory of well-known scientist  
of metallurgy, Associate Member of the National Academy  
of Sciences of Kazakhstan, the honoree of the State Prize of the  
Republic of Kazakhstan Bulat Baltakayevich Beisembayev**

**Алматы 2018**

**УДК 669**  
**ББК 34.3**  
**Э94**

**Ответственный редактор:** д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К.

**Жауапты редактор:** т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К.

**Редакционный совет:** д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К., д.т.н., проф. Загородняя А.Н., д.т.н. Квятковский С.А., к.т.н. Кульдеев Е.И., к.х.н. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

**Редакциялық алқа:** т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К., т.ғ.д., проф. Загородняя А.Н., т.ғ.д. Квятковский С.А., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., х.ғ.к. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

**«Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов»:** Материалы Межд. научно-практ. конф. / Сост.: к.х.н. Темирова С.С., к.т.н. Кульдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 с.

**«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»:** Халықар. ғыл. практ. конф. материалдары / Құраст.: х.ғ.к. Темирова С.С., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 б.

**ISBN 978-601-323-132-7**

В Материалах конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области металлургии цветных, редких и благородных металлов, обогащения минерального и техногенного сырья, получения высокочистых металлов и перспективных материалов, а также разработки новых и усовершенствования существующих технологических схем, процессов и аппаратов.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов, работающих в области переработки минерального сырья и материаловедения.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары» атты конференцияның материалдарында түсті, сирек және асыл металдар металлургиясы, минералдық және техногенді шикізаттарды байыту, тазалығы жоғары металдар мен келешегі зор материалдарды алу, сонымен қатар жаңа технологиялық схемаларды, үрдістерді және аппараттарды жасап шығару және олардың бұрыннан келе жатқан түрлерін жетілдіру салаларындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Конференция материалдары материалтану және минералды шикізаттарды өңдеу саласында жұмыс жасайтын ғалымдар мен мамандарға арналған.

**УДК 669**  
**ББК 34.3**

**ISBN 978-601-323-132-7**

© АО «ИМиО», 2018

### СЕКЦИЯ 3. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОВ, КЕРАМИКИ. ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

#### АДАПТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ФУТЕРОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАЛИЕВОГО ФТОРФЛОГОПИТА

<https://doi.org/10.31643/2018-7.55>

Юдин М.В.<sup>1</sup>, Игнатов М.Н.<sup>2</sup>, \*Игнатова А.М.<sup>2</sup>

ORCID:

0000-0001-9075-3257

<sup>1</sup>ПАО Корпорация «ВСМПО-АВИСМА Титано-магниевого комбинат»,  
г. Березники, Россия;

<sup>2</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
г. Пермь, Россия, \*iampstu@gmail.com

**Аннотация.** Модернизация магниевых электролизеров путем замены стандартной футеровки на литые изделия из калиевого фторфлогопита является актуальным вопросом. Преимуществом фторфлогопита является инертность и непроницаемость к агрессивным средам электролизёра, это позволяет использовать отработанные изделия в качестве вторичного сырья. В работе на основе анализа научно-технической информации составлена оптимальная технологическая схема производства фторфлогопитовых изделий, наиболее просто адаптируемая к различным задачам и параметрам основного производственного процесса с учетом принципов безотходности и защиты рабочего персонала от негативных факторов.

Быстрый износ футеровки остается актуальной проблемой эксплуатации электролизёров при получении первичного магния. Перспективным вариантом решения данной проблемы является замена стандартной футеровки на литые изделия из калиевого фторфлогопита. По разным оценкам такая модернизация увеличивает срок службы электролизера в 3-4 раза [1].

В настоящее время, объемы производства футеровочных фторфлогопитовых изделий не удовлетворяют потребностям рынка. В связи с этим, цель настоящей работы является разработка адаптивной («гибкой») технологической схемы их получения.

Калиевый фторфлогопит ( $\text{KMg}_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}]\text{F}_2$ ) является стеклокристаллическим материалом, стеклообразная фаза составляет 5-8% от общего объема материала, кристаллическая часть представлена агрегатами пластинчатой формы протяженностью до 5 мм и толщиной до 0,1 мм. Данный материал получают при плавлении шихты из кварцевого песка, глинозема, периклаза и кремнефтористого калия [2-4].

На основе анализа научно-технической информации [5-6] составлена, на наш взгляд, наиболее оптимальная технологическая схема производства фторфлогопитовых изделий (рисунок 1), адаптируемая к различным задачам и параметрам основного производственного процесса.

На рисунке 2 представлено проектное решение реализации, разработанной технологии. Разработанная технология включает следующие основные переделы: подготовка сырьевых материалов и приготовление шихты; плавление шихты и приготовление фторфлогопитового расплава; изготовление, подготовка и сборка литейных форм; выпуск расплава из печи в ковш и заливка литейных форм; затвердевание отливок и извлечение их из форм; термическая обработка отливок; очистка, обработка отливок и контроль их качества; очистка отходящих газов; складирование готовой продукции.

Преимуществом фторфлогопитовых изделий является инертность и непроницаемость к агрессивным средам электролизёра, это позволяет использовать отработанные изделия в качестве вторичного сырья. Кроме того, в качестве вторичного

сырья могут использоваться отходы собственного производства (скрап, литники и т.п.) и бракованные изделия.

Плавление шихты и приготовление фторфлогопитового расплава осуществляют в дуговой электропечи (рисунок 2, 1) при температуре 1380-1720 °С. Готовый фторфлогопитовый расплав выпускают в ковши (рисунок 2, 2) и направляют на заливочный плац, где проводится заполнение литейных форм. (рисунок 2, 3). Детали простой конфигурации в виде плит и блоков отливают в постоянных (металлических и/или графитовых) формах, а сложные фасонные изделия получают в песчано-глинистых или комбинированных литейных формах. Для оформления внутренней конфигурации отливок применяют песчано-глинистые стержни.

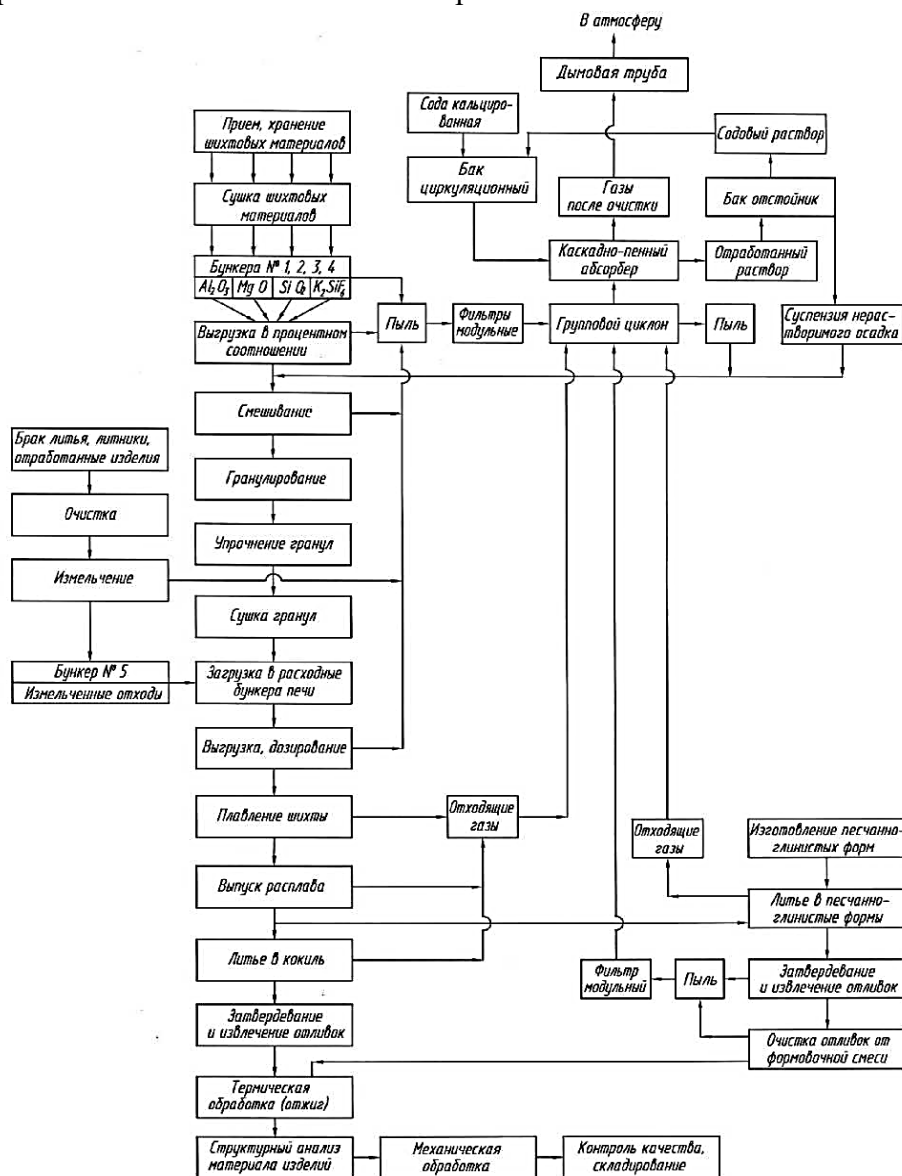
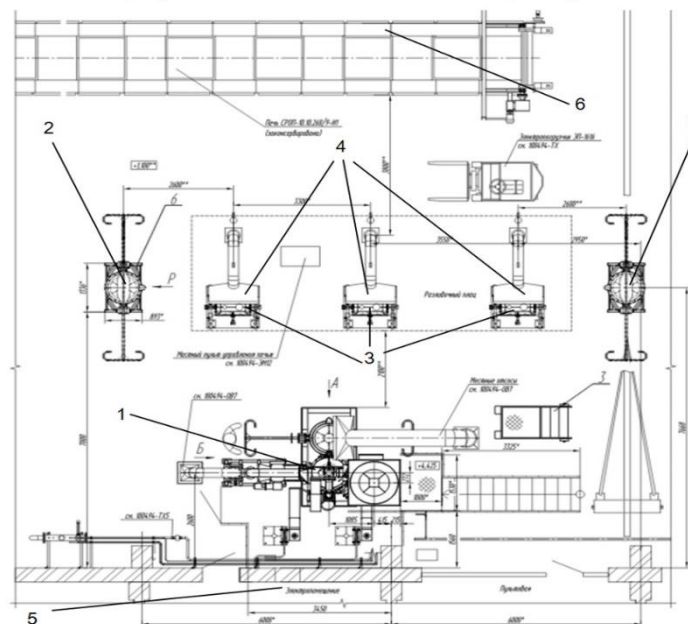


Рисунок 1 – Принципиальная схема технологического процесса получения камнелитых фторфлогопитовых изделий

Для получения расплава калиевого фторфлогопита наиболее предпочтительно использовать в качестве плавильного агрегата однофазные дуговые печи. Однофазная дуговая электропечь для получения расплава фторфлогопита представляет собой вертикально расположенный водоохлаждаемый кокиль, вращающийся в горизонтальной оси. Нижняя полость кокиля закрыта графитированным электродом диаметром 400 мм, а верхняя металлической крышкой с боковым патрубком для отсоса газов. Сверху через

отверстие в крышке вводится верхний подвижный электрод. Оба электрода изолированы от массы печи. Печь работает на гарнисаже, это значит, что конструкция печи не предусматривает футеровки, на стенках печи образуется корка застывшего расплава за счет интенсивного водяного охлаждения, которая выполняет не только функцию футеровки, но и является диэлектриком. После плавки корка может быть легко удалена. Для крупных объемов расплава печь может быть дополнена внутри графитовой футеровкой толщиной 65 мм.



1 – электродуговая печь, 2 – чайниковый ковш, 3 – литейные формы, 4 – локальная вытяжка, 5 – трансформаторный отсек, 6 – термическая печь для отжига отливок

Рисунок 2 – Проектная схема организации участка по изготовлению отливок из фторфлогопита

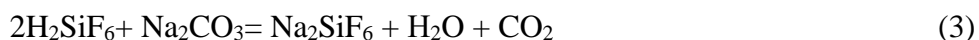
Технологический процесс производства фторфлогопитовых изделий характеризуется выделениями кремнеземсодержащих, силикатных, магнезитовых пылей, а также токсичных фторсодержащих пылей и газов в рабочую зону производственных помещений. Количество фтористых соединений на 1 тонну фторфлогопитовых камнелитых изделий составляет в среднем в пересчете на NaF - 6,8 кг. В зоне действия плавильной печи и на заливочном плацу в воздухе может присутствовать фтористый водород «HF».

Данное обстоятельство должно быть учтено при разработке современных адаптивных технологий, все участки, которые являются источниками газопылевого загрязнения оборудованы системами пылегазоулавливания. Каждая линия пылегазоулавливания включает в себя две ступени: первая ступень – сухая пылеочистка (циклоны); вторая ступень – мокрая пылегазоочистка (улавливание фторсодержащих газов и мелкодисперсной пыли).

Очищенные от пыли фторсодержащие газы, поступают перерабатывают с помощью каскадно-пенного абсорбера (КПА). В качестве абсорбента используется водный раствор кальцинированной соды. Внутри адсорбер разделена вертикальной перегородкой до уровня, находящегося ниже сливного порога. При поступлении газов с одной стороны перегородки уровень жидкости понижается и образует ступеньку или каскад, вертикальная часть которого служит преградой на пути газового потока. Преодолевая образованную собственным давлением преграду, газы тонко диспергируют часть жидкости, образуя так называемую нестабильную пену. При этом происходит обезвреживание фторсодержащих газов по следующим реакциям:



Нейтрализация образовавшейся кислоты осуществляется карбонатом натрия:



По системе транспортировки, суспензия, представляющая собой смесь твердой и жидкой фаз, поступает в бак отстойник, в котором происходит их гравитационное разделение. Твердый осадок направляется на рециклинг.

Таким образом, подробно рассмотрена адаптивная технологическая схемы и процессы, обеспечивающие, получения изделий из фторфлогопита с учетом принципов безотходного производства и максимальной защиты рабочего персонала от негативных факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мужжавлев К.Д. и др. Новый принцип компоновки электродов в магниевых бездиафрагменных электролизерах//Цветные металлы. – 1980. - №1. - С. 76-78.

2.Зуев Н.М., Шарунова Г.М. и др. Причины разрушения огнеупорных диафрагм в магниевых электролизерах //Сб.научн.трудов ВАМИ. - Л., 1968. - №63. - С. 75-80.

3.Игнатов М.Н., Шундииков Е.Н., Шундииков Н.А., Николаев М.М., Игнатова А.М. Технологический процесс производства отливок из фторфлогопита//Современные организационные, технологические и конструкторские методы управления качеством: - Пермь: ПГТУ, 2006. –С. 47-52.

4.Игнатова А.М., Николаев М.М., Ханов А.М., Шундииков Н.А. Производство фторфлогопита и его применение в цветной металлургии//Цветные металлы Сибири - 2009: сб. докладов I междунар. конф. -Красноярск, 2009. – С. 415-416.

5.Игнатова А.М., Юдин М.В., Николаев М.М., Игнатов М.Н. Изучение анизотропности симиналов фторфлогопитового типа методами матричного и динамического наноиндентирования//Вестник Пермского университета. Геология. – 2012. - № 4 (17). – С. 22-29.

6.Игнатов М.Н., Корост Д.В., Николаев М.М., Юдин М.В. Характеристика микроструктуры и пористости синтетических минеральных сплавов на примере рентгеновской микротомографии фторфлогопита// Вестник Пермского университета. Геология. – 2013. - вып. 2 (19). – С. 56-64.

#### ADAPTIVE TECHNOLOGICAL SCHEME OF OBTAINING FOOTWEAR PRODUCTS FROM POTASSIUM FLUOROPHLOPITES

Yudin M.V.<sup>1</sup>, Ignatov M.N.<sup>2</sup>, \*Ignatova A.M.<sup>2</sup>

ORCID:

0000-0001-9075-3257

<sup>1</sup>PAO VSMPO-AVISMA Corporation Titanium and Magnesium Plant, Berezniki, Russia;

<sup>2</sup>Perman National Research Polytechnic University, Perm, Russia,

\*iampstu@gmail.com

**Abstract.** *Modernization of magnesium electrolyzers by replacing the standard liner with cast products from potassium fluorophthite is a topical issue. Advantage of fluorophlogit is inertness and impermeability to aggressive environments of the electrolyzer, it allows to use the waste products as a secondary raw material. In work on the basis of the analysis of scientific and technical information, an optimal technological scheme for the production of fluorophilic products has been compiled, most easily adapted to various tasks and parameters of the main production process, taking into account the principles of waste-free operation and the protection of workers against negative factors.*