ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск №22

Кемерово 2018

26 февраля 2018 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1140
УДК 378.001
Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 26.02.2018 г.
Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).
Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.
Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.
Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.
При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Содержание

1. ПРИРОДА ОСЕВОГО ВРАЩЕНИЯ ПЛАНЕТ И ОБРАЩЕНИЯ СПУТНИКОВ ВОКРУГ ПЛАНЕТ-ХОЗЯЕВ……..……..…….2
Ковдерко В.Э.
2. МЕТОДЫ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ……...6
Шахов С.И.
3. ПОДБОР ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПОЛЕВОГО ШПАТОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМОГРАНИТА……..…..10
Адырбаев Б.О., Есимов Б.О.
4. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – ОСНОВНОЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ……....14
Мусатов А.В.
5. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ТОРОИДАЛЬНЫХ ТОКОВЫХ СТРУКТУР ….…….18
Григорьев Е.А.
6. ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ……..….23
Ермаков Д.А.
7. МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ФЛУКТУАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОКАЗАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОАНТРАЦИТА……...…….……..27
Безуглов А.М., Безуглов В.А.
8. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТОКА В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ ……..30
Безуглов А.М., Безуглов В.А.
9. ПОЛУЧЕНИЯ СИНЕГО УЛЬТРАМАРИНА ПУТЕМ И ЗАМЕНЫ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ НА НОВЫЙ БОЛЕЕ РЕАКЦИОННО АКТИВНЫЙ ПРИРОДНЫЙ КРЕМНЕЗЕМ…….34
Адырбаев Р.С.
10. ПОДБОР ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМОГРАНИТА……...…….38
Ахмаджанов С.С., Хамитов Н.О., Есимов Б.О.

Ковдерко Владимир Эдуардович
Кандидат геолого-минералогическх наук, доцент, пенсионер, г. Гомель
E-mail: kvderk@rambler.ru

Kovderko Vladimir Eduardovich
PhD geological mineralogical sciences, associate Professor, pensioner, Gomel.
E-mail: kvderk@rambler.ru

УДК 523.4

ПРИРОДА ОСЕВОГО ВРАЩЕНИЯ ПЛАНЕТ И ОБРАЩЕНИЯ СПУТНИКОВ ВОКРУГ ПЛАНЕТ-ХОЗЯЕВ

THE NATURE OF THE AXIAL ROTATION OF PLANETS AND CIRCULATION OF SATELLITES AROUND HOST-PLANETS

Аннотация: Предложен для обсуждения вариант природы осевого вращения планет Солнечной системы (СС) и обращения спутников вокруг планет-хозяев в контексте второго этапа гипотезы Мультона – Чемберлена. Осевое вращение планет определялось положением зародышей – центров аккреции – в планетных кольцах. Обращение спутников вокруг планет-хозяев контролировалось начальным положением зародышей спутников.

Abstrakt: The variant of the nature of the axial rotation of the Solar system (SS) planets and the circulation of satellites around the host planets in the context of the second stage of the Multon-Chamberlain hypothesis is proposed for discussion. The axial rotation of the planets was determined by the position of the embryos - the centers of accretion - in the planetary rings. The circulation of satellites around host-planets was controlled by the initial position of the embryos of satellites.

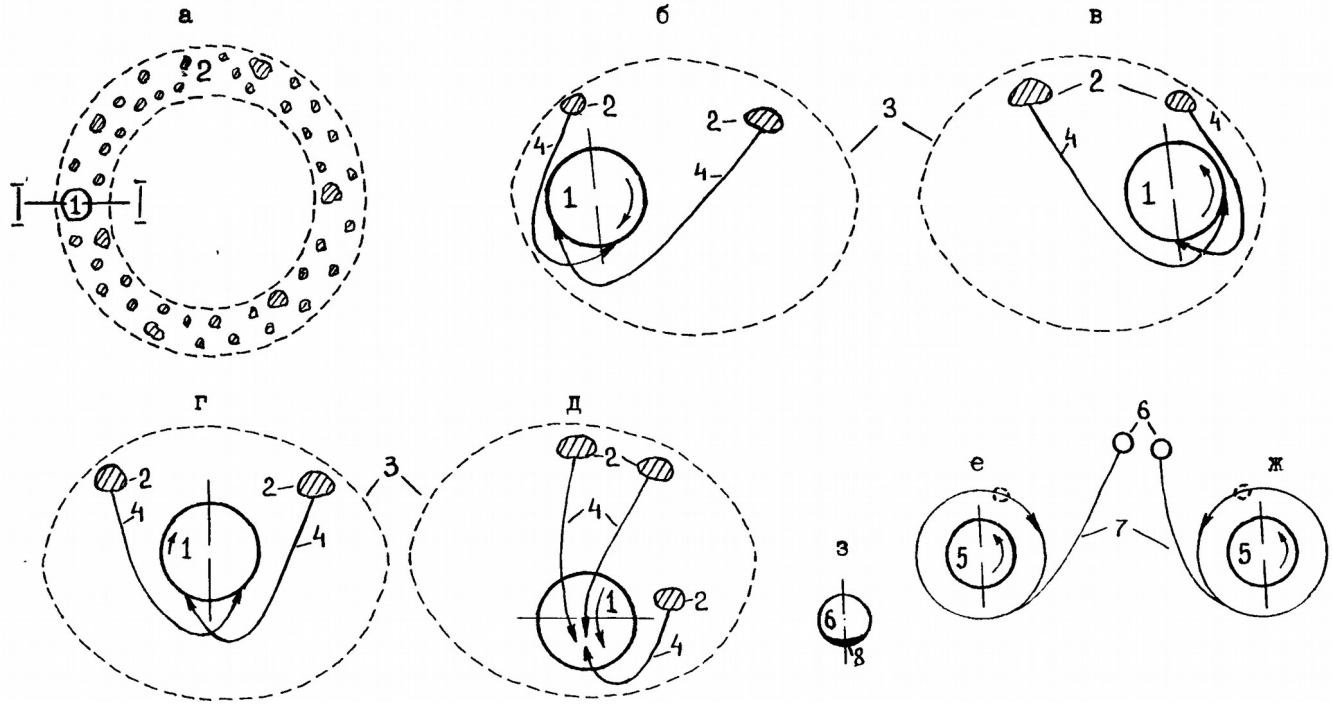
Ключевые слова: Осевое вращение планет, обращение спутников, центры аккреции (зародыши), гипотеза Мультона – Чемберлена.

Key words: Axial rotation of planets, satellite inversion, accretion centers (embryos), Multon – Chamberlain hypothesis.Axial rotation of planets, satellite circulation, accretion centers (embryos), Multon – Chamberlain hypothesis.

Во времена до инструментальной астрономии была уверенность в однонаправленном осевом вращении всех без исключения планет СС в соответствии с осевым вращением Солнца, т.е. против хода часовой стрелки при взгляде с Полярной звезды. Эти представления приобрели статус аксиомы после обнародования результата опыта Пато, поставленном после смерти Лапласа в 1843 г. Смешивая воду со спиртом, он получил жидкость с плотностью, близкой к плотности масла, которое в этом случае образует шар, находящийся в состоянии безразличного равновесия в окружающей среде. Проткнув шар палочкой, Пато привел его в быстрое вращение. Шар начал сплющиваться в плоскости экватора, затем от него стали отделяться кольца, которые, в свою очередь, распались на отдельные шарики, продолжавшие вращаться вокруг центрального тела. Парадоксально, но опыт Пато, первоначально снимавший всякие сомнения в отношении гипотезы Лапласа, стал неодолимым препятствием на её пути после установления факта **разнонаправленного** осевого вращения планет и обращения спутников вокруг планет-хозяев. Из нынешних 8 – ми планет СС, 6 имеют осевое вращение против часовой стрелки, в астрономии именуемым прямым, две – Венера и Уран – вращаются по часовой стрелке (обратное осевое вращение). Венера вращается очень медленно, совершая полный оборот вокруг своей оси за 243 сутки. Скорость осевого вращения Урана довольно высокая (11 часов), а ось его вращения переходит через плоскость эклиптики на 6 °. **Природа** разнонаправленных осевых вращений и обращений в научной литературе серьёзно не обсуждалась, эти атрибуты СС воспринимались как данность.

По авторской версии, направления и скорости осевых вращений планет и крупных спутников обусловлены положением центров аккреции (зародышей) в кольцах (точнее бубликах) планетезималей (фигура 1). Направление обращения спутников зависело, по мнению автора, от направления захвата их планетой. Если кандидат в спутники находился ближе к внутреннему краю планетезимального кольца, он приобретал обратное обращение (е), а если у внешнего – прямое (ж). Представляется, нет надобности расписывать все варианты осевых вращений и обращений планет и

спутников, достаточно внимательно изучить все позиции фиг. 1. Стоит обратить внимание на то, что скорость осевого вращения объектов СС



Фиг.1. Вращение планет и спутников в зависимости от положения "зародыша" и направления захвата. 1 – "зародыш", 2 – планетезимали, 3 – границы планетезимальных колец, 4 – траектории причаливания планетезималей, 5 – планета – хозяин, 6 – спутник, 7 – траектории захвата спутников, 8 – избыточные массы – масконы. По [1, с. 22 ЗиБк].

зависит не только от количества приходящих планетезималей, но и от их массы и кинетической энергии. Заслуживает обсуждения поз. (г), демонстрирующая механизм образования планет с низкими скоростями осевого вращения – Венера, Меркурий. Центр аккреции Венеры находился практически в геометрическом центре кольца планетезималей, поэтому ось её вращения перпендикулярна к плоскости эклиптики, а обратное, весьма слабое, осевое вращение можно объяснить несколько большим приходом планетезимаьной массы справа. Схожая ситуация у Меркурия, ось его вращения с точностью до 3º перпендикулярна плоскости орбиты [2, с. 69]. Некоторые оппоненты пытались оспаривать положения треков планетезималей, по их мнению, они должны двигаться к зародышу по кратчайшим расстояниям, что, возможно, справедливо для земной механики. У небесной механики иные законы [3]. Лежачее положение планеты Уран объясняют ударом массивного тела на завершающей стадии аккреции. Резонным представляется вопрос, какой массой обладало это тело, способное повернуть на 96° 13,5 земных масс? По авторской версии, необычное состояние оси вращения планеты Уран объясняется положением центра аккреции в кольце планетезималей (поз. д).

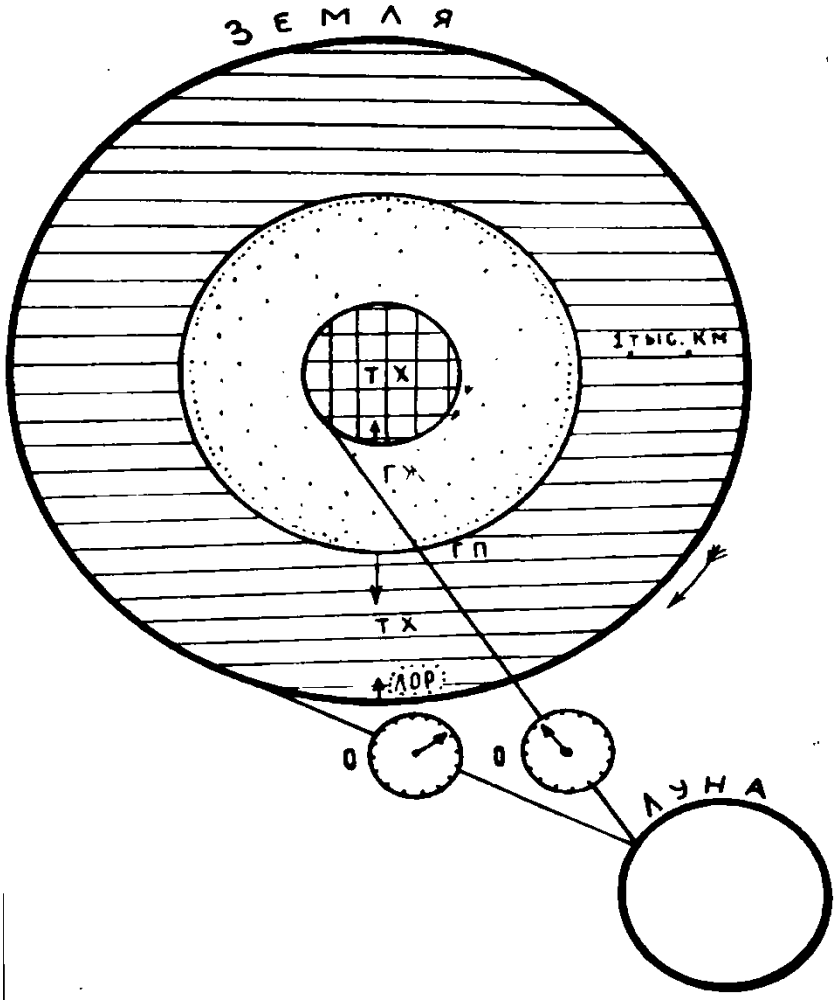
Предвидится вопрос скептиков к автору публикации: какое значение для планеты имеют скорость и направление осевого вращения. Относительно направления осевого вращения соображений нет, поскольку в пределах СС нет равнозначных планет с близкими скоростями осевого вращения в противоположных направлениях. Что касается скорости осевого вращения, то она является **решающим** фактором для появления жизни на планете: обитаемыми могут быть только скоростные планеты типа Земля, Марс при наличии других необходимых условий – поперечных размеров, расстояния до источника лучистой энергии (Солнца). Медленно вращающиеся планеты (Венера, Меркурий) не могут быть обитаемыми при наличии других достаточных условий. Столь категоричный вывод основан на общепринятых представлениях о наличии необходимых условий для появления и развития биоты. Это вода, CO_2, азотно-кислородный состав приповерхностной атмосферы, необходимый спектральный состав

лучистой энергии.

Первичная атмосфера Земли была практически адекватна современной приповерхностной атмосфере Венеры, в которой кислород и азот составляют соответственно < 20 ч./млн и 2 об. %.

Дело в том, что кислород, азот, вода подвергаются фотодиссоциации, а атомы и ионы, диссипируют в открытый космос. На Земле интенсивность этого процесса резко ограничена магнитным полем. Магнитные силовые линии транспортируют ионы в зависимости от знака заряда в соответствующие полярные области, озаряя небеса сполохами полярных сияний.

Принцип работы специфического геодинамо, обеспечивающего планету Земля магнитным полем, ясен из фигуры 2



Фиг. 2. Принципиальная схема геодинамо. Состояние геосфер: ТХ – твёрдая холодная, ГЖ – горячая жидкая, ГП – горячая пластичная, ЛОР – локальный очаг расплава. Стрелки внутри геосфер показывают направления тепловых потоков, стрелки на циферблатах – силу взаимодействия геосфер с Луной. Точками в жидкой геосфере показаны металлические компоненты. Авторский вариант.

Быстрое осевое вращение Земли обеспечило концентрацию металлических компонентов в тропо-экваториальном поясе, образовав «обмотку» геодинамо. Для наведения в ней электрического тока, необходимо было создать разность хода между мантией и внутренним твёрдым холодным намагниченным ядром. Будь оно горячим, как считает большинство землеведов, оно бы не обладало первичным магнетизмом. Необходимую для работы геодинамо разность хода обеспечивает Луна. Без неё все геосферы вращались бы синхронно без желаемого эффекта. Не было бы его и при наличии Луны, но при низкой скорости осевого вращения Земли. Выходит, Природа опередила человека, создав электрические генераторы внутри планет. Только в пределах СС их пять. Марс не в счёт, у него достаточно быстрое осевое вращение, но мелкие спутники. Между тем, слабое магнитное поле имеется.

В настоящее время в СМИ упорно муссируется мнение о необходимости поиска запасной обители для размещения растущего населения. Наиболее подходящими объектами для этой цели считаются Марс и Луна. Горячие головы заявляют: если постоянное проживание не может быть достаточно комфортным, можно добывать полезные ископаемые вахтовым методом. Похоже, им неизвестно, полезные ископаемые в земном наборе имеются только на самой Земле и только в

пределах коры континентального типа. С учётом шельфа и континентальных склонов, это менее 50% поверхности земного шара.

Таким образом, изложенные выше соображения и доводы позволяют утверждать: возникновение и развитие биоты было возможным только на планетах с быстрым осевым вращением при наличии массивного спутника/спутников и других необходимых условий. Планеты с низкими скоростями осевых вращений не могли стать обитаемыми при наличии других приемлемых условий.

Библиографический список:

1. Ковдерко В.Э. Земля и ближний космос. Нерешённые проблемы: В четырёх частях. – Гомель. – УО « ГГУ им. Ф. Скорины», 2003. – 340 с.

2. Очерки сравнительной планетологии /К. П. Флоренский [и др.]; под ред. В. Л. Барсукова. – М.: Наука, 1981. –326 с.

3.https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%8B_%D0%9A%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B0].

Шахов Сергей Игоревич
SHahov Sergej Igorevich
НИУ ВШЭ

УДК 621.38.004

МЕТОДЫ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

METHODS FOR THERMAL CALCULATION OF ELECTRONIC COMPONENTS

Аннотация: Промышленность предъявляет значительные требования к качеству разрабатываемых устройств, что приводит к повышению внимания к тепловым процессам протекающим в изделиях. В связи с этим требуется производить контроль тепловых процессов устройства на всех стадиях его разработки. Наилучшим решением в данной области является применение различных тепловых моделей элементов. В статье будут рассмотрены различные методы получения данных моделей.

Abstract: The industry makes significant demands on the quality of the devices being developed, which leads to increased attention to the thermal processes occurring in products. In connection with this, it is required to check the thermal processes of the device at all stages of its development. The best solution in this area is the use of different thermal models of the elements. The article will consider various methods for obtaining these models.

Ключевые слова: тепловое моделирование, тепловые модели, электронные элементы

Key words: thermal simulation, thermal model, electronic components.

В настоящий момент промышленность предъявляет значительные требования к качеству разрабатываемых устройств, что вынуждает разработчиков электроники уделять все большее внимание тепловым процессам протекающим в их изделиях. Согласно [1] 55% всех отказов устройств так или иначе связана с тепловыми процессами протекающими в устройстве. В связи с этим от разработчика требуется производить контроль тепловых процессов устройства на всех стадиях его разработки для повышения надежности конечного устройства и уменьшения конечных издержек на его производство и обслуживание.

На этапе проектирования тепловой режим электронной аппаратуры определяется на основе методов поэтапного моделирования[3]. Наиболее распространенной конструкцией аппаратов являются одна или несколько вертикально расположенных печатных плат. Параллельно расположенные печатные платы внутри корпуса аппаратуры образуют каналы движения воздуха при естественной или принудительной вентиляции.

На разных этапах проектирования применяются тепловые модели разной степени деталировки. На первых этапах применяются упрощенные модели для оценки ориентировочных тепловых режимов устройства, средних температур, нагреваемой зоны и воздуха внутри прибора. В дальнейшем подключается тепловая модель позволяющая оценить скорость и температуру протекающего по прибору воздуха. Полученные данные являются исходной точкой для расчета тепловых режимов электронных компонентов (ЭК) на проектируемой печатной плате.

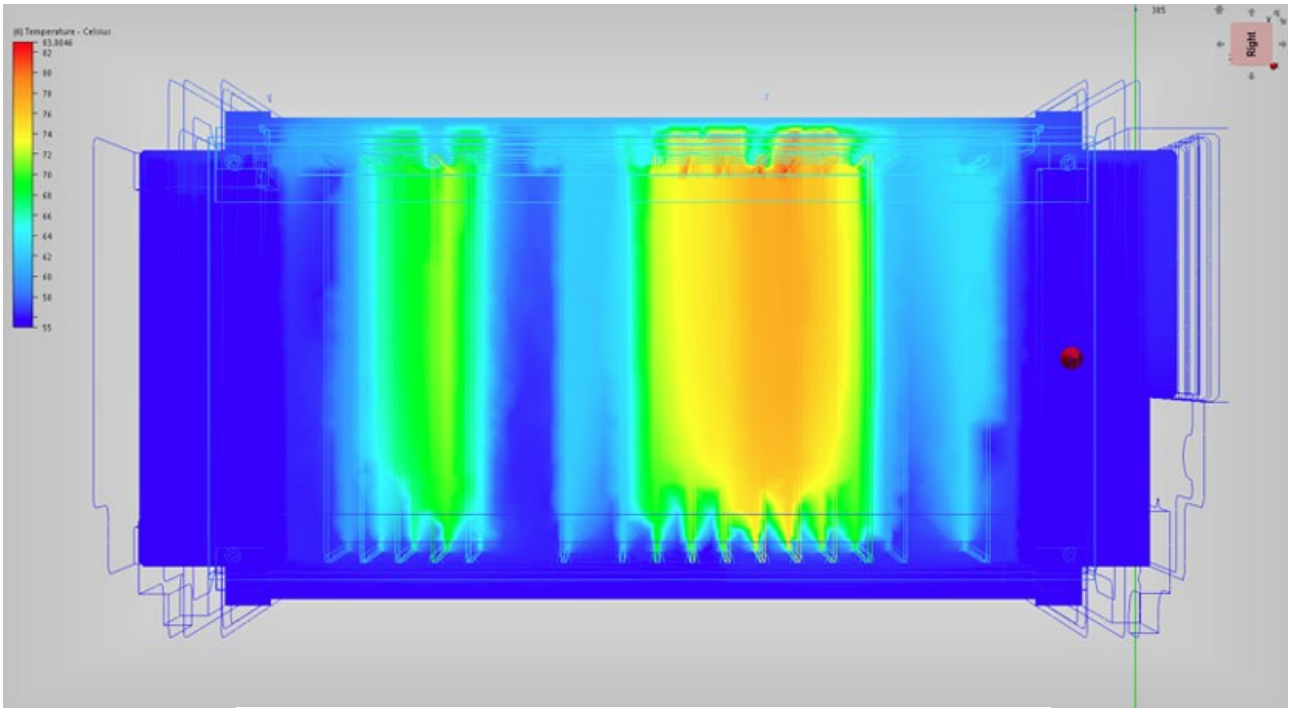


Рис. 1. Предварительные расчеты по упрощенным моделям

Допущения принятые в расчетах

Для дальнейших расчетов в системе принимаются следующие допущения:

- Температура воздуха в каналах известна
- Известны температуры соседних плат, корпуса
- Известны скорости движения воздуха

Среди ЭК на печатной плате происходит обмен тепловой энергией через излучение при этом часть теплоты выделяемой ЭК помимо нагрева соседних ЭК нагревает также и печатную плату. Тепловое сопротивление между печатной платой и ЭК определяется исходя из способа монтажа компонента.

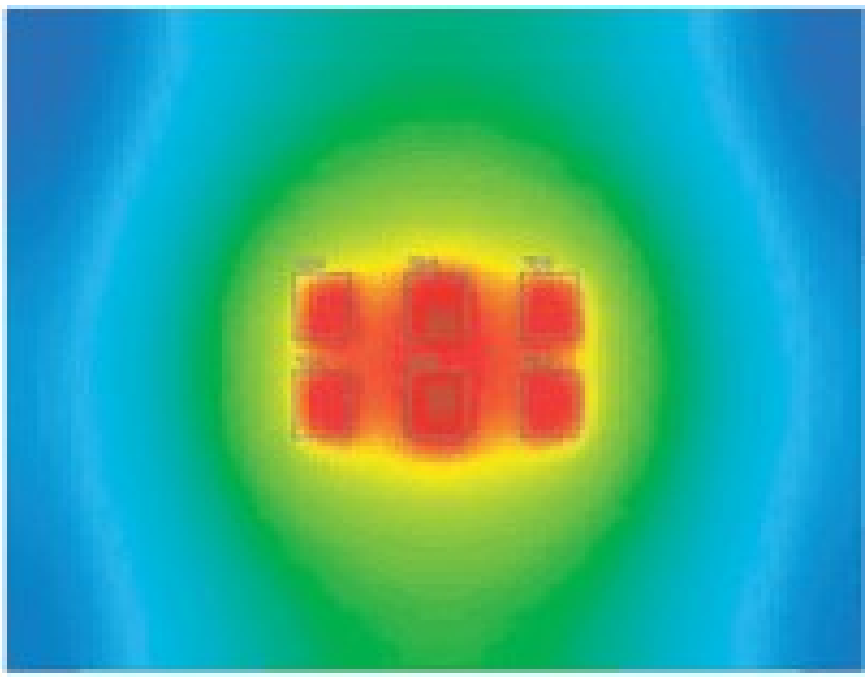


Рис.2. выделение тепла от ЭК

Охлаждение печатных плат и элементов происходит за счет конвекции в воздушной среде.

Помимо принятых ранее допущений в системе при расчете тепловой модели принимаются дополнительные ограничения и допущения:

- тепловое поле печатной платы распространяется по двум координатам, перепадом по толщине пластины пренебречь;

- излучение ЭК оценивается по среднему показателю каждой из его сторон;
- коэффициент конвекционного обмена изменяется вертикально по высоте платы;
- температура ЭК принимается равной средней температуре корпуса;
- тепловой поток ЭК равномерно распределен по его площади;
- температура воздуха изменяется линейно вдоль вертикальной координаты (см. рис. 1);
- скорость потока воздуха постоянна.

Целью расчетов будет определение температуры корпусов ЭК, однако так как данный параметр зависит от многих факторов часть из которых взаимозависимы, решение можно найти итерационным методом.

Определение теплового поля печатной платы

На первой итерации необходимо определить тепловое поле печатной платы через которое осуществляется передача тепловой энергии от одного ЭК другим. Дальнейший расчет предполагает использование графоаналитического решения с построением тепловых характеристик прибора для стационарного режима. Подробно данный режим описан в [3] и предполагает представление печатной платы виде сетки с определенным шагом. На данной сетке размещаются исследуемые компоненты и определяется исходящий от них поток тепловой энергии. Поток уходящий в плату определяется как сумма потоков к каждой из ячеек платы попадающих в проекцию элемента.

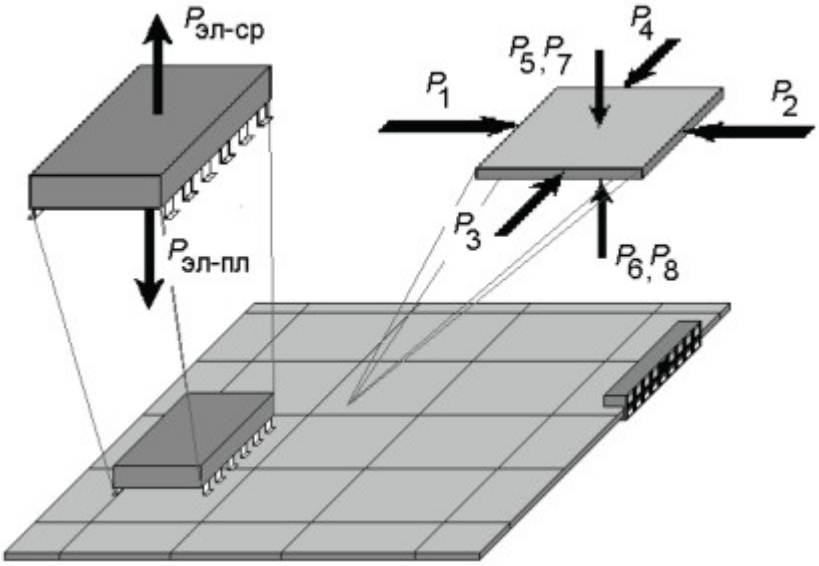


Рис.3. Графоаналитический метод расчета печатной платы

Составление тепловой модели ЭК

При расчете тепловой модели широко используется аналогия законов распространения тепла и электричества. ЭК представляется в виде тепловых сопротивлений (R) и тепловых конденсаторов, или теплоемкостей (C). В данном методе используются схемы и законы теории электрических цепей, а также вводится понятие теплового импеданса (Z), позволяющее описывать зависимость температуры от мощности нагрева во временной и частотной областях.

Существует два подхода к созданию общей тепловой схемы ЭК:

- схема Кауэра

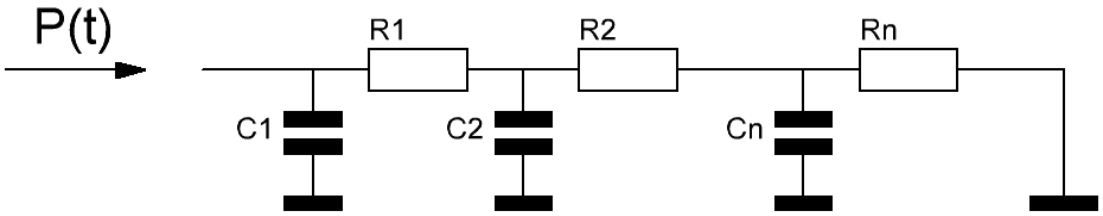


Рис. 4. Схема Кауэра схема Фостера

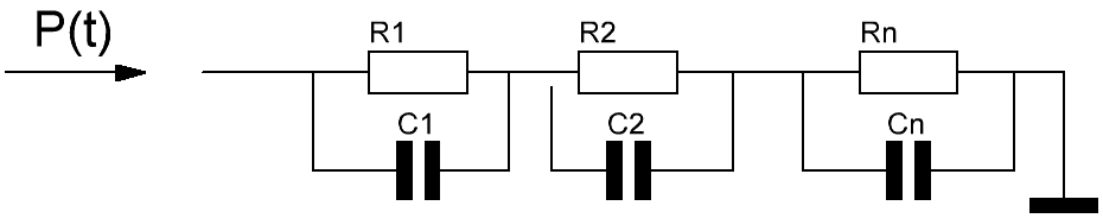


Рис. 5. Схема Фостера

Схема Фостера является чистой математической абстракцией при этом добавление или удаление RC- цепочек итоговой схемы нельзя соотнести с добавлением или удалением элементов ЭК. При этом схема Кауэра позволяет соотнести RC- цепочки с отдельными элементами устройства.

Однако схема Кауэра сложна для дальнейших расчетов в отличии от схемы Фостера, где полный импеданс равняется сумме импедансов звеньев. Для перехода из схемы Кауэра в схему Фостера используется формула:

$Z(t)=\sum_{i=1}^{n} \square Z_i(t)=\sum_{i=1}^{n} \square R_i ¿$, где $\tau_i=R_i C_i$

Заключение

Полученная тепловая модель позволяет определить как тепловые характеристики отдельного ЭК, так и всего аппарата в целом для максимально упрощенных расчетов.

После проведения расчетов модели ЭК необходимо произвести очередную итерацию расчетов всего устройства начиная с анализа тепловой модели печатной платы. Итерационный подход позволит уточнять модель до требуемых показателей качества.

Библиографический список:

1. Zhang M., Jovanovic M., Lee F. C. Design Consideration and Performance Evaluations of Synchronous Rectification in Flyback Converters // IEEE APEC, 1997
2. МЭК 88-2-2-74 (ГОСТ 28200-89) 747-11, ГОСТ 20.57.406-81, ОСТ 11 0730В-83.
3. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Методы расчета теплового режима приборов. - М.: Радио и связь, 1990. - 312 с.

Адырбаев Бекжан Орынулы
Магистрант группы МП-16-3к ЮКГУ им. М.Ауезова, г. Шымкент
E-mail: bekjan.94.com@mail.ru

Есимов Беген Омарович
д.г-м.н. проф. ЮКГУ им. М. Ауезова, г. Шымкент
E-mail: boyessimov@gmail.com

Adyrbayev Bekzhan Orynuly
Master degree student, group МП-16-3к, SKSU named after M.Auezov.
E-mail: bekjan.94.com@mail.ru

Yessimov Begen Omarovich
d.g-m.s prof. SKSU named after M. Auezov
E-mail: boyessimov@gmail.com

УДК 666.32/.36

ПОДБОР ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПОЛЕВОГО ШПАТОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМОГРАНИТА

SELECTION OF DOMESTIC FELDSPAR RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF PORCELAIN STONEWARE

Аннотация: Подбор отечественного полевого шпатового сырья для производства керамогранита; синтезирован керамогранит на основе отечественного полевошпатового сырья.

Abstract: Selection of domestic feldspar raw material for the production of porcelain stoneware; porcelain stoneware is synthesized on the basis of domestic feldspar raw material

Ключевые слова: керамика, керамогранит, полевые шпаты, водопоглощение.

Keyword: ceramics, porcelain stoneware, feldspar, water absorption.

Государственной программой индустриально–инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы определена перечень приоритетных товаров, в число которых входят и керамические плитки [1].

Производство керамического гранита – высокотехнологичный процесс. Его получают из каолина, беложгущихся глин, полевых шпатов и кварцевых песков. В настоящее время завод компании ТОО МК «ЗЕРДЕ Керамика» является единственным в Казахстане по производству керамогранита. Его производственная мощность около 2 млн. кв. м^2 керамогранита в год, что составляет около 40 процентов от общего объема потребности страны. Одной из основных задач предприятия является решение проблемы импортозамещения сырьевых материалов [2].

Наша попытка использования в составе масс керамогранита полевошпатового сырья из отечественных месторождений направлена на решение этой проблемы.

В ходе сбора и анализа материалов о месторождениях полевых шпатов нами из различных источников собран фактический материал об их химических, физических и технологических свойствах, представляющих интерес при определении практической пригодности полевошпатового минерального сырья [3-6].

Месторождение Милысайское в Мугоджарском районе Актюбинский области. Выявлено 167 пегматитовых жил. Наиболее широко распространены микроклин-плагиоклазовые пегматиты. Химический состав пегматитов, %: SiO_2 – 65,33-76,4; Al_2O_3 – 12,97-19,98; Fe_2O_3 – 0,14-6,36; TiO_2 – 0,02–0,18; FeO – 0,28-0,84; CaO – 0,13-2,7; MgO – 0,05–0,62; MnO – сл.-0,056; P_2O_5 – 0,005–0,161; S – 0,01-0,48; K_2O – 0,75-4,45; Na_2O – 1,55-8,02; п.п.п. – 0,4-2,31. По 14 пегматитовым телам длиной 2-250 м, мощностью 0,5-20 м до глубины 10 м запасы составляют 350 тыс. тонн.

Месторождение Карасайское в Мугоджарском районе Актюбинский области. Пегматитовые жилы залегают в эндоконтакте гранитного массива. Выделяются линзовидные, штокообразные, жильные и неправильной формы пегматитовые тела. Выявлено более 160 пегматитовых жил. Запасы полевого шпата, подсчитанные по 8 пегматитовым жилам, составляют 139,4 тыс. тонн.

Месторождение Бисембаевское в Орджоникидзевском районе Костанайской области. Продуктивная толща - кора выветривания интрузии с площадным распространением полевошпатового оруденения. Выявлено пять пластообразных горизонтальных залежей полевошпатсодержащих пород. Сырье комплексное – каолин – кварц – полевошпатовое. При обогащении флотацией и электромагнитной сепарацией песчаных фракций получен полевошпатовый концентрат с выходом 18-60%. Суммарные запасы руды-сырца по категории C_2 287279 тыс. т. Запасы полевого шпата – 78562 тыс. тонн.

Месторождение Шалтасское в Агадырском районе Карагандинской области. Месторождение представляет собой штокообразную залежь размером 130х140 м. Прослежена она на глубину 80-120м. Альбититы представляют собой грубозернистую полнокристаллическую породу снежно-белого, серовато-белого, светло-розового цвета, состоящую из альбита 60-95% и кварца 3-23%. Химический состав, %: SiO_2 – 67-73,1; Al_2O_3 – 15,2-19,1; Fe_2O_3 – 0,16-1,89; Cao – 0,5-2,25; MgO – 0,01–1,19; MnO – сл.-0,056; K_2O – сл. -0,63; Na_2O – 7,8-11,2. Запасы по категориям В – 326,3 тыс.т, C_1 – 1379,4 тыс. тонн.

Месторождение Аксоранское в Шетском районе Карагандинской области. Выявлено 11 штокообразных полевошпатовых тел. Длина их от 10 до 100 м, ширина от 6 до 30 м, мощность от 6,4 до 42,4 м. Средний химический состав, % : SiO_2 – 70,0; Al_2O_3 – 19,3; Fe_2O_3+FeO – 0,12; Cao – 0,8; TiO_2 – 0,49; K_2O - 0,21; Na_2O – 8,55. Запасы по категориям А+В+C_1 – 339,6 тыс. тонн.

Месторождение Жаманкарабасское представляет собой зону калишпатизации. Мощность зоны метасоматитов 50-90 м. Калиевые метасоматиты – породы, состоящие из калиевых полевых шпатов (70-94%), сростков плагиоклаза с калишпатом (12%) и сростков плагиоклаза с гранатом (1,26%). Химический состав, %: K_2O – 11-13,5; Na_2O – 0,8-1,5; Fe_2O_3 – 2,1-3,5; Cao – 2,39-4; TiO_2 – 0,6; FeO – 0,8-1,2.

Местрождение Белогорское в Улановском районе Восточно-Казахстанской области. Продуктивные породы - пегматитовые жилы. Пегматиты по составу микроклиновые, микроклин-альбитовые и альбитовые. Химический состав полевошпатовых концентратов Верхне-Баймурзинского участка, %: SiO_2 – 66,22-75; Al_2O_3 – 13,64-19,70; Fe_2O_3 – 0,019-0,61; TiO_2 – 0,11; CaO – 0,05-0,92; MgO – 0,95; P_2O_5 – 0,06–0,39; K_2O – 0,39-9,39; Na_2O – 2,53-8,81. Запасы полевых шпатов (тыс. т), Белогорского и Верхне-Баймурзинского участков, по категориям C_1 – 3124, C_2 – 2756.

Керамогранит относится к классу керамических материалов, однако особенности производства и внешнего вида, а также высокие эксплуатационные характеристики позволяют говорить о нем, как об отдельной разновидности покрытий. Его можно даже назвать искусственным камнем, поскольку по химическому составу керамогранит очень похож на натуральный камень. По сравнению с керамической плиткой керамический гранит обладает более высокими показателями износостойкости, сопротивления механическим и климатическим воздействиям, морозостойкости, устойчивости к ультрафиолетовым излучениям. Материал обладает чрезвычайно низким водопоглощением, что объясняется его плотной структурой. Керамический гранит не реагирует на воздействие кислот и щелочей, даже в концентрированном виде. Его высочайшая механическая прочность позволяет использовать материал в сложных условиях. Керамогранит препятствует распространению огня [7-12].

По результатам изучения химического и минерального состава, технологических свойств, физико-химических процессов и фазовых превращений при обжиге были проведены исследования по поиску новых по составу компонентов керамогранита - на основе каолинов Алексеевского месторождения, кварцевых песков Акжарского месторождения, глин Березовского месторождения и подобранных нами полевых шпатов Улановского участка Аксоранского месторождения. Первые три компонента – традиционно используемые на ТОО МК “Зерде Каремика” виды сырья.

Для лабораторных технологических экспериментов с использованием вышеуказанных видов минерального сырья путем теоретических расчетов были разработаны 2 состава керамогранитных масс.

Для изготовления керамогранита методом прессования из полусухих порошков применяется шликерная технология подготовки массы.

Глина, каолины и кварцевые пески подвергались сушке из-за высокого естественного влагосодержания. Дозирование компонентов шихты – весовое. Помол производился в лабораторной стержневой мельнице периодического действия, получаемая масса - водная суспензия, частицы которой обладают достаточно мелкой и однородной величиной, чтобы можно было перейти к

следующей стадии обработки. Эта суспензия называется шликером. Готовый однородный шликер выливается в посуду, и сушатся в сушильном шкафе температурой 100 ± 10 ^{0}С, шликер должен полностью высушится от влаги. Далее высушенный шликер измельчаем и непосредственно добавляем воду 5-6 % от веса измельченного порошка для последующей формовки. Порошок или же масса прессуется в лабораторном гидравлическом прессе при давлении 400 бар. Лабораторные образцы керамогранита сушатся после формовки в сушильном шкафе до 0,5 % влагосодержания. Обжигались образцы в производственной роликовой печи. Режим обжига подбирался и корректировался в процессе исследования.

До обжига определялись следующие свойства масс керамогранита – предел прочности при изгибе, коэффициент чувствительности к сушке и воздушная усадка, а после обжига - огневая усадка, водопоглощение, кислотостойкость, морозостойкость, предел прочности при изгибе, термостойкость (количество теплосмен).

Образцы обжигались в роликовой печи при 1200 ^{0}С .

Оптимальные составы определяли по средним показаниям при испытании 5 образцов. Критериями для определения приняты главные показатели качества готовой продукции - механическая прочность, водопоглощение и кислотостойкость.

Высокие показатели технических свойств синтезированных образцов керамогранита объясняются достижением оптимальных составов минеральных фаз и их соотношений, а также благоприятной структуры материала.

Таким образом, в результате проведенных нами исследований впервые на основе отечественного полевошпатового сырья синтезирован керамогранит – весьма перспективный импортозамещающий материал.

Основные свойства образцов керамогранита из оптимальных составов соответствуют требованиям действующего стандарта (таблица 1).

Таблица 1. Основные физико-механические показатели лабораторных образцов керамогранита

Наименование показателя	Нормируемый показатель	Значения у испытуемых образцов
Предел прочности при изгибе, МПа (кг·с/см^2), не менее	40 (400)	37-44
Водопоглощение, %, не более	0,5	0,06-0,12
Морозостойкость циклов, не менее	100	96-112
Износостойкость (по кварцевому песку), г/см^2, не более	125	118-136
Поверхностная твердость по шкале Моосу, не менее	6	7-8

Библиографический список:

1. Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015 – 2019; утв. 1 авуста 2014 года, № 874.
2. Есимов Б. О, Сейтжанов С. С, Битемиров М.К. Приоритетные строительные материалы и их минерально-сырьевое обеспечение. –Шымкент: Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, 2016. -223с.
3. Суханов А.Е. Сырьевая база керамической промышленности Казахстана. – “вестн. АН Каз ССР. Сер. Геол.”, 1966, № 6, 13-18 с.
4. Самсонов Я.П, Ливщин Ф.И, Устименко П.А. Южный Казахстан – новая полевошпатовая провинция. – в кн. “Химические и горнорудные сырье Казахстана” Алма-Ата, Наука, 1968.-124-134 с.
5. Алехин Ю.А, Дюсенов А.Д, Исмаилов М.А, Сагунов В.Г. – Минерально – сырьевая база строительных материалов Казахской ССР. Казахстан, Алма-Ата, 1973 – 590 с.
6. Кулинич В.В, Сагунов В.Г, Ужкенов Б.С. и др. Справочник “ Месторождения горно – ручного сырья Казахстана” том 1. Алматы, 2000 – 372 с.
7. Будников П.П. Химическая технология керамики и огнеупоров. Учебник. –М.: Стройиздат, 1972. -551с
8. Августиник А.И. Керамика. Изд. 2-е, перераб. и доп. -Л.: Стройиздат, 1975. -592 с.

9. Мороз И.И., Сивчикова М.Г. Справочник по фарфоро-фаянсовой промышленности. - М.: Легкая индустрия, 1976. Т.1. -296с.
10. Химическая технология керамики / Под ред. проф. И.Я.Гузмана. –М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. -496с.
11. Сулименко, Л.М. Общая технология силикатов. - М.: ИНФРА, 2010. – 336 с.
12. Балкевич, В.Л. Техническая керамика. -М.: Стройиздат, 2010. – 256 с.

Мусатов Александр Владимирович
Musatov Aleksandr Vladimirovich
студент 2 курса магистратуры Ульяновского государственного технического университета,
кафедры «Электропривода и АПУ»
E-mail: alexmusatov73@mail.ru

УДК 621.313.333

АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – ОСНОВНОЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

ASYNCHRONOUS MOTOR – THE MAIN CONSUMER OF REACTIVE POWER

Аннотация: в статье описано влияние асинхронных двигателей на коэффициент мощности промышленной сети, приведен анализ факторов, которые обеспечивают большое потребление реактивной мощности асинхронными двигателями.

Abstract: the article describes the influence of induction motors on the power factor of an industrial network, provides an analysis of operational factors, which provide a large consumption of reactive power of asynchronous motors. Methods of reducing reactive power consumption are also considered.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, реактивная мощность, нагрузка асинхронного двигателя, холостой ход.

Key words: induction motor, the reactive power, the load of the induction motor, idling.

Введение. Потребителями реактивной мощности являются все электроприемники, у которых кривая синусоидального тока отстает от кривой синусоидального напряжения на фазовый угол. Из всех потребителей реактивной мощности большая ее доля приходится на асинхронные двигатели (АД), как хорошо зарекомендовавшие себя в качестве привода различных механизмов ввиду своей высокой надежности и простоты конструкции. АД являются основным видом электропривода, а также наиболее емким потребителем электроэнергии, так как они потребляют свыше 40 % вырабатываемой в нашей стране активной электроэнергии и на их долю приходится более 60 % реактивной мощности всех ее потребителей (на долю трансформаторов – свыше 15 %, на долю сварочных агрегатов и регуляторов, дуговых электропечных установок, преобразователей подстанций, электросетей и других индукционных приборов – около 25 %) [1,84].

На низкое значение коэффициента мощности энергосистемы оказывает влияние ненормальный режим эксплуатации электропривода, обусловленный жестким режимом работы АД. Также нагрузочные характеристики электродвигателя могут быть такими, что доля потребляемой ими реактивной мощности превышает долю активной мощности на их валу. Такие режимы эксплуатации оказывают значительное влияние на общую реактивную мощность предприятия и энергосистемы.

Проведем анализ эксплуатационных факторов, из – за которых снижается коэффициент мощности сети.

Холостой ход АД. В производственном процессе АД работают на холостом ходу, если они включены в электросеть и их приводные механизмы не совершают никакого действия. Активные потери в статоре и роторе при этом малы. Ток холостого хода определяется составляющей АД, которая идет на намагничивание машины. Магнитное сопротивление цепи увеличивает воздушный зазор, поэтому ток холостого хода будет иметь большое значение, которое зависит от мощности АД и от его числа полюсов. Ток холостого хода для двигателей малой мощности составляет 35 – 80 %, для двигателей средней и большой мощности 20 – 35 % от его номинального значения. У АД реактивная мощность при работе на холостом ходу составляет 60 – 70 % полной реактивной мощности. А так как при холостом ходе двигателя угол сдвига фаз между током и напряжением близок к 90^0, то коэффициент мощности очень мал и составляет 0,1 – 0,15 [4, 102-103].

Из вышеперечисленного следует, что при работе АД в режиме холостого хода между ним и источником питания будет колебаться энергия, которая не совершает никакой полезной

работы, а лишь увеличивает потребление реактивной мощности и тем самым снижает коэффициент мощности сети.

Недогрузка АД. Реактивная мощность намагничивания и реактивная мощность рассеяния определяют реактивную мощность, потребляемую из сети загруженным электродвигателем. Главное магнитное поле электродвигателя определяет мощность намагничивания и при изменении нагрузки от холостого хода до номинального значения изменяется незначительно. Величина приведенного тока ротора определяет реактивную мощность рассеяния и зависит от реактивных сопротивлений рассеяния обмоток статора и ротора. Скольжение, ток статора, ток ротора, следовательно и коэффициент мощности будут изменяться при отклонении нагрузки от номинального значения [2, 43 – 45]. При изменении нагрузки ток ротора уменьшается пропорционально снижению нагрузки. При этом ток холостого хода АД оказывает большое влияние на величину статорного тока при недогрузках.

Кривые тока статора АД в зависимости от нагрузки для разных значений тока холостого хода показаны на рис.1. Как видно из графиков, чем больше недогрузка двигателя до номинального значения, тем ток холостого хода в большей степени влияет на потребляемый из сети ток. Если ток холостого хода равен 30 % номинального тока двигателя и при нагрузке в 50 % АД потребляет из сети 55 % номинального тока с преобладанием намагничивающей составляющей. Можно убедиться в том, что величина тока холостого хода двигателя при его недогрузке (т.е. нагрузке, равной 50 %) изменится незначительно, при этом нагрузочная составляющая статорного тока резко уменьшится, а это, в свою очередь, приведет к снижению коэффициента мощности, т.е. большому потреблению реактивной мощности из сети [3, 83].

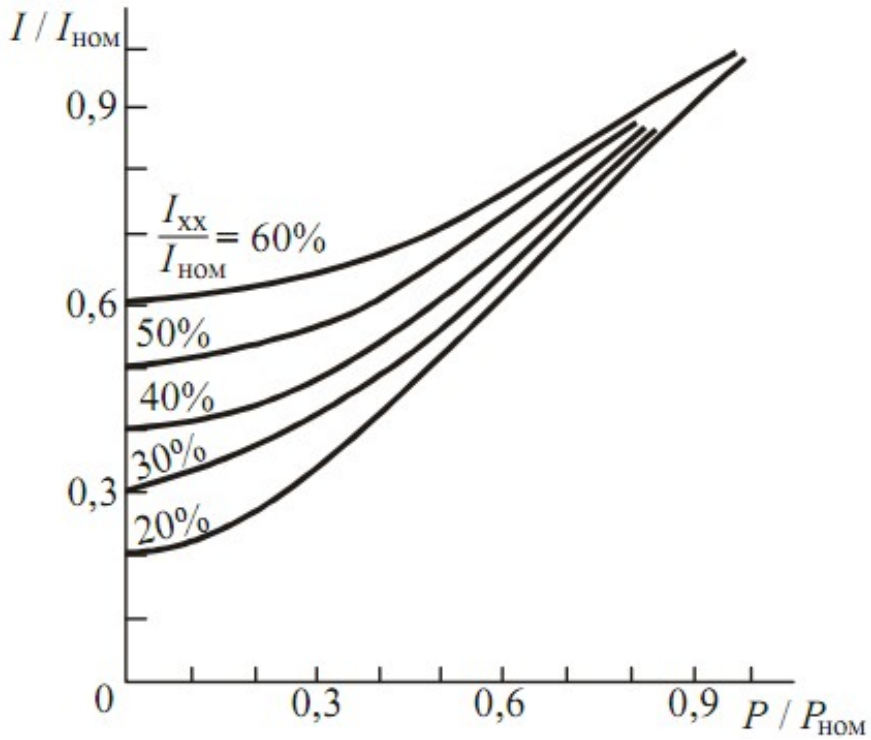


Рис.1. График изменения тока статора АД от нагрузки для разных значений тока холостого хода

Влияние тока холостого хода и нагрузки на коэффициент мощности АД показано на рис.2. Как видно из графиков, чем больше ток холостого хода при снижении нагрузки двигателя, тем резче уменьшается коэффициент мощности cos φ. При больших значениях номинального коэффициента мощности при недогрузке АД, равной 15 – 20 %, потребление реактивной мощности увеличивается незначительно и несущественно влияет на коэффициент мощности энергосистемы в целом [4,59].

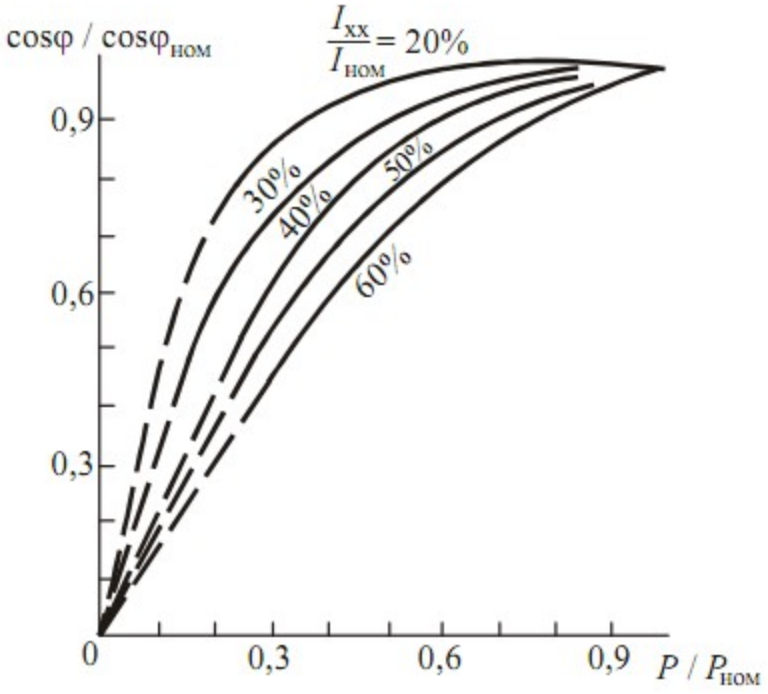


Рис.2. График изменения коэффициента мощности АД в зависимости от нагрузки

На практике возможна еще большая недогрузка АД, в частности, если используется АД малой мощности, у которого номинальный коэффициент мощности небольшой, а при недогрузке снижается значительно (рис.3).

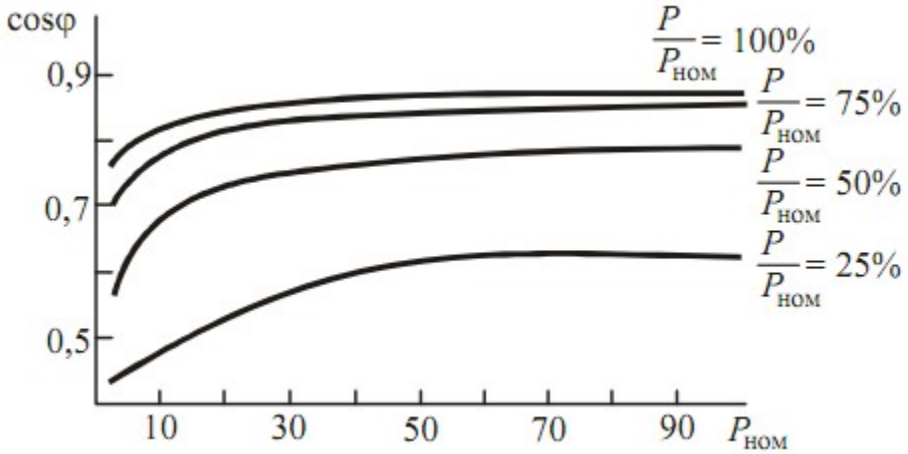


Рис.3. График зависимости коэффициента мощности АД при влиянии его мощности и загрузки

Перегрузка АД. На рис.4 показана зависимость коэффициента мощности двигателя от нагрузки.

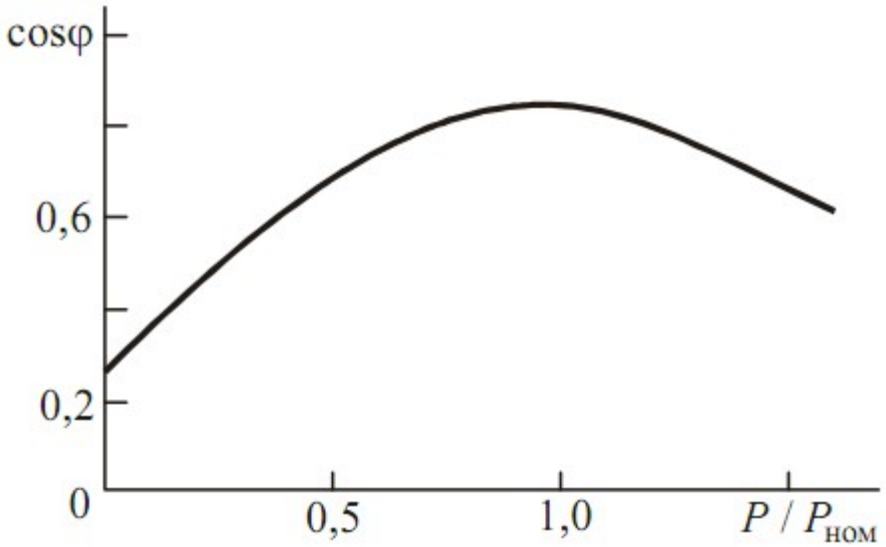


Рис.4. График зависимости коэффициента мощности АД от нагрузки

Как видно из графиков, при нагрузке, несколько меньшей номинальной, коэффициент мощности двигателя достигает максимального значения. Коэффициент мощности уменьшается при дальнейшем ее увеличении вследствие нарастания магнитных потоков рассеяния.

Заключение. Проведенный анализ факторов, влияющих на повышенное потребление реактивной мощности АД показывает следующее.

Конструктивное исполнение АД такое, что чем меньше их номинальная мощность, тем больше относительная величина воздушного зазора, следовательно имеет место повышенное потребление реактивной мощности и соответственно низкое значение коэффициента мощности. АД с малыми частотами вращения выполняются с большим числом полюсов и поэтому увеличивается габарит двигателя, в частности боковая поверхность ротора. Из – за этого АД с пониженными частотами вращения потребляют больше реактивной мощности и имеют более низкий коэффициент мощности. АД закрытого исполнения из – за худших условий охлаждения по сравнению с АД защищенного исполнения работают с меньшей активной мощностью и поэтому имеют повышенное потребление реактивной мощности.

Библиографический список.

1. Гандин Б.Д. Пуск асинхронных двигателей/ Б.Д.Гандин, Г.Р. Гревнин, Н.А. Лазаревский. – Л.: Судостроение,1998. – 192 с.

2. Дмитриев В.Н. Форсированный пуск асинхронного двигателя с последовательно включенными в цепь статора конденсаторами/ В.Н.Дмитриев, И.Ф. Афлятунов, М.М. Мухитов// Вопросы теории и проектирования электрических машин: сборник научных трудов/ Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск: УлГТУ,2015. – 158 с.

3. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.

4. Кочкин В.И., Нечаев О.П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. – М.: Изд – во НЦ ЭНАС, 2000. – 248 с.

Григорьев Евгений Александрович
Grigor'ev Eugene Aleksandrovich
Инженер-электронщик-термоядерщик
Пенсионер
E-mail: eugene-53@mail.ru
198412, С-Петербург, Ломоносов, ул. Красного флота, 5-20

УДК 550.383

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ТОРОИДАЛЬНЫХ ТОКОВЫХ СТРУКТУР

THE FUNDAMENTAL PROPERTIES OF TOROIDAL EL. CURRENT STRUCTURES

Аннотация: Впервые в науке показано существование внешнего магнитного поля и структура внутреннего магнитного поля в тороидальных структурах с полоидальным током.

Abstract: First of science we show the existence of an external magnetic field and internal structure the magnetic field in toroidal structures with a poloidal current.

Ключевые слова: Тор, магнитное, внешнее, поле, термоядерный, синтез

Keywords: Torus, magnetic, external, field, thermonuclear, fusion

Введение

Известна проблема обеспечения человечества энергией. Одно из основных ожиданий связано с освоением энергией управляемого термоядерного синтеза. Ученые в течение последних пятидесяти лет пытаются решить эту проблему. Уже очевидно, что в рамках существующего применения физических законов проблема не может быть решена. Развитие теории, расчёты и эксперименты показали новое, реальное направление решения задачи.

Основной раздел

В январе 2000 года сделано научное открытие - впервые в электродинамике численно рассчитано и экспериментально измерено внешнее магнитное поле (МП) электропроводных тороидальных структур с полоидальным током (Рис.1). Ранее, в классической электродинамике, это считалось невозможным. Историю открытия и его возможные последствия можно узнать на сайтах http://thermonuclear.narod.ru и http://thermonuclear.ru Стрелками, обозначенными **i,** показаны векторы элементов тока. Рассматривались торы с отношением R / r ≈ 1 и R / r ≈ 2. Результаты расчетов выведены в виде графиков Кантора. Линии на графиках показывают сечение поверхностей уровня равной напряженности МП. Графики – в условных единицах

Направление вектора напряженности МП – перпендикулярно к плоскости изображения, так как силовые линии МП имеют исключительно азимутальную (или тангенциальную или касательную к окружности, которая лежит в плоскости XY и с центром на оси Z) составляющую.

Вначале рассчитывалось МП внутри тора.

Тор с отношением R / r ≈ 1 (Рис.1).

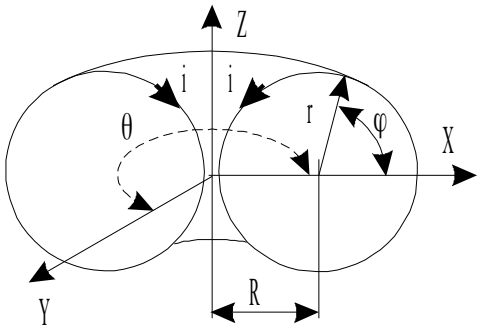


Рис.1

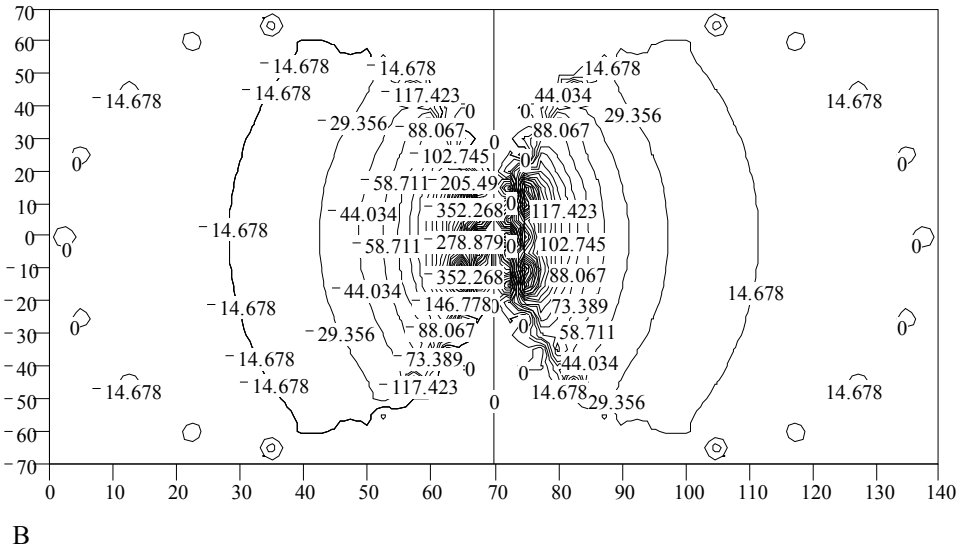


Рис.2

Тор с отношением R / r ≈ 2 (Рис.3).

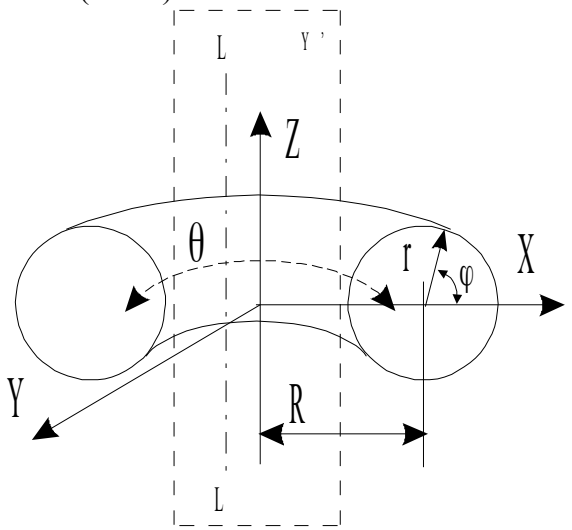


Рис. 3

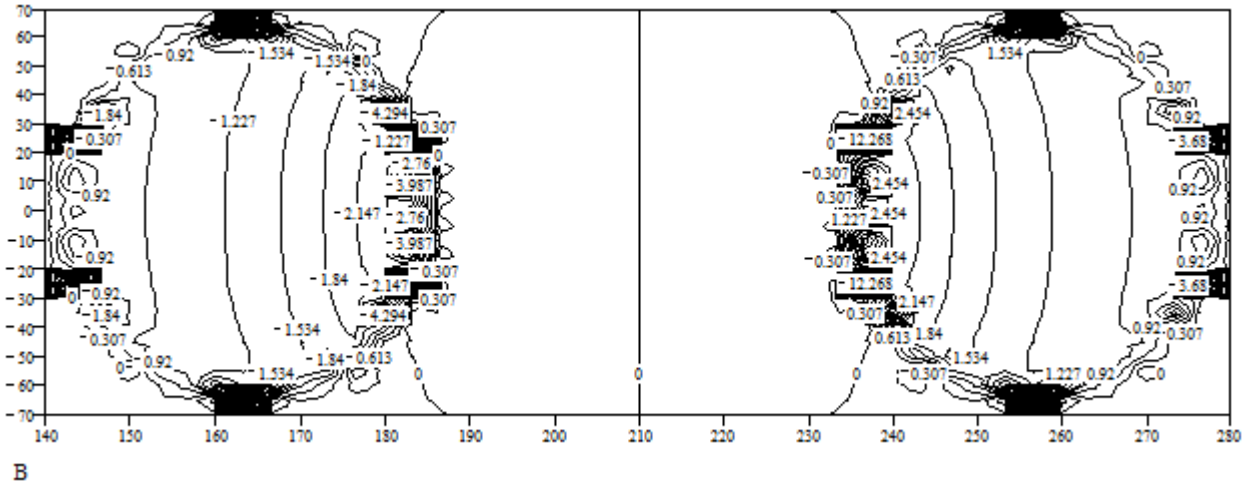


Рис. 4

На графиках (Рис.2, Рис.4) видно, что структура МП внутри тора не соответствует структуре МП бесконечного прямого проводника с током, как считалось до сих пор в классической теории электромагнетизма. Эта структура МП соответствует полю, создаваемому отдельным элементом тока, расположенным в центре тора на его главной оси и направленным вдоль этой оси. График этого МП показан на Рис. 5.

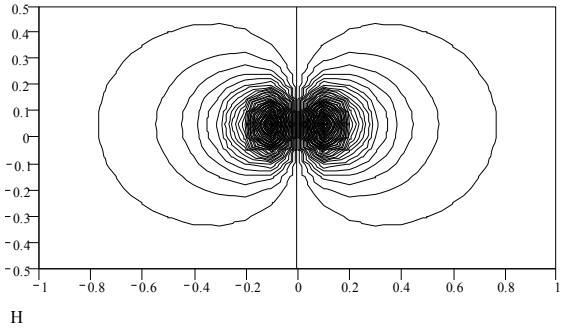


РИС. 5

Затем было рассчитано внешнее мп вне тора в плоскости xz в ее части y`(см. Рис.3).

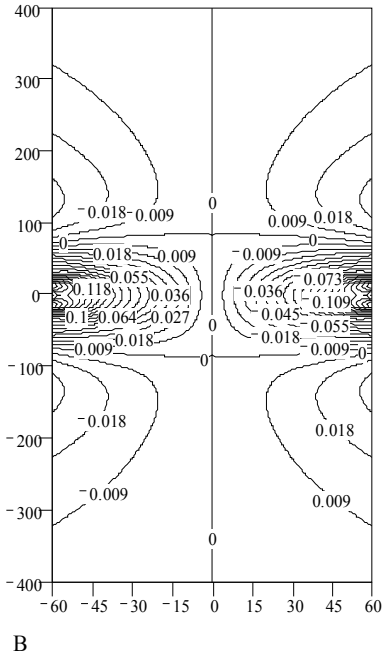


Рис. 6

Напряженность МП в плоскости Y' (y = 0) в виде графика Кантора.

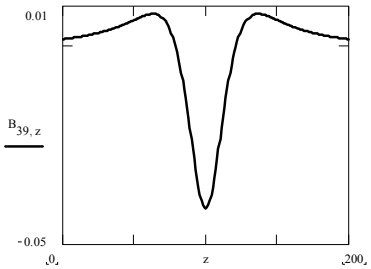


Рис. 7

Напряженность МП вдоль прямой L - L; [y = 0, x = const, B = f(z)]

На графике (Рис.6) видно, что внешнее МП тора существует. График на Рис.7 выявляет особенность этого МП - три экстремума и два нуля. Подобное МП измерено экспериментально. Из Рис.7 видно, что при осевом сближении двух торов вначале возникает их отталкивание, а после преодоления потенциального барьера - притяжение. Система входит в состояние с минимальным магнитным потоком (минимальной энергией) и становится устойчивой.

Расчет внешнего МП, создаваемого системой из двух соосных торов и между ними (Рис.8) показывает, что оно имеет минимум по трем координатам в центре системы (Рис.9). Все это показывает бесперспективность удержания плазмы внутренним МП в замкнутых ловушках с тороидальной конфигурацией МП типа “Токамак” и “Стелларатор” - удержание возможно только в открытой плазменной ловушке внешним МП системы двух соосных торов произвольной конфигурации. Подобное МП измерено экспериментально.

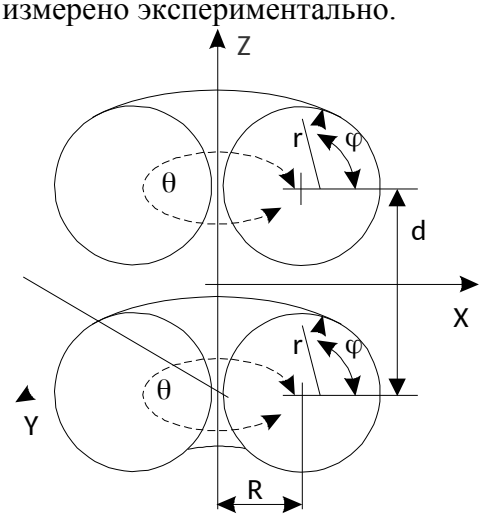


Рис. 8

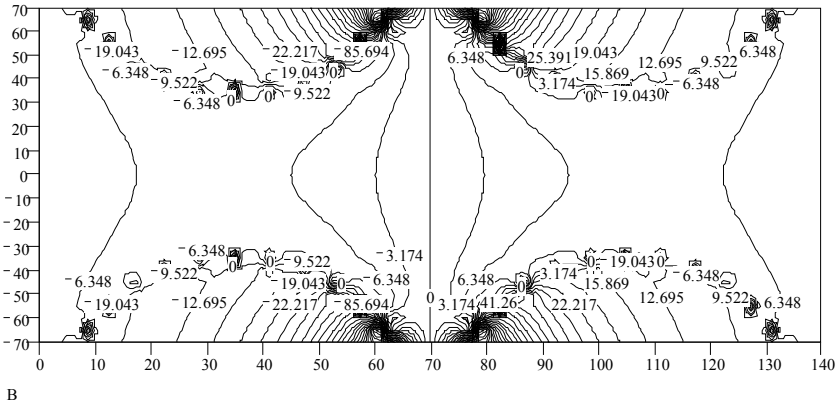


Рис. 9

Предыдущие расчеты были сделаны для сплошных токовых поверхностей. Теперь сделаем расчет для тора, состоящего из отдельных прямоугольных витков с током (сегментированный тор)

Рис.10, Рис.11. Это делается для проверки возможности воспроизведения МП сплошного тора полем сегментированных (реальных) торов. Подобное МП измерено экспериментально.

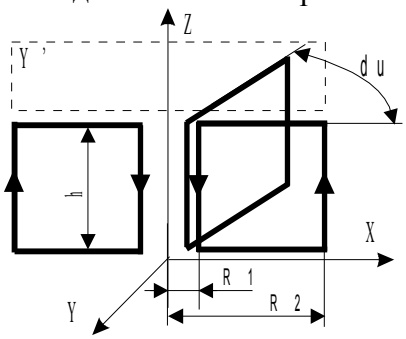
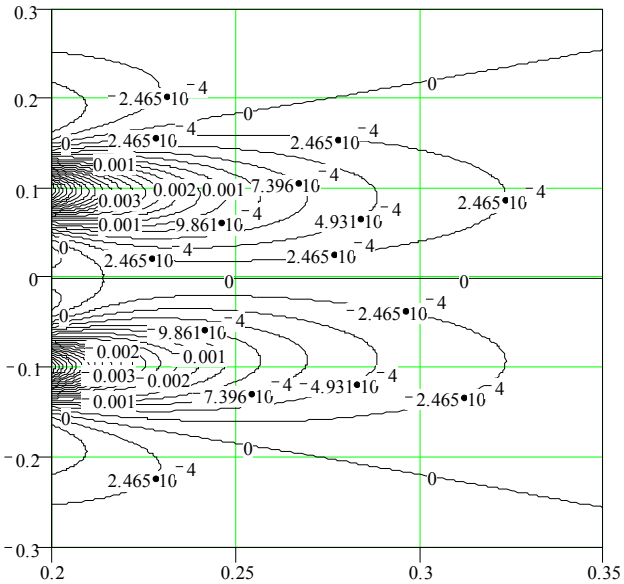


Рис. 10



B

Рис.11

Структура внешнего магнитного поля сегментированного тора в плоскости Y' (XZ) в виде графика Кантора.

Показаны сечения поверхностей уровня равной напряженности МП.

Вектор напряженности направлен перпендикулярно плоскости рисунка.

Заключение

МАГНИТНАЯ ЛОВУШКА ДЛЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ПЛАЗМЫ.

Ловушка с вероятностью более 70% (используется сила плазменных неустойчивостей и мои ноу-хау) позволит создать промышленный, сверхэкономичный ("сжигается" вода), экологически чистый, мощный и компактный термоядерный реактор (источник тепловой энергии высшего качества) для двигателей Стирлинга разных назначений и мощности, в том числе индивидуального.

Рассредоточение энергогенерирующих мощностей увеличит их неуязвимость в случае войны и терактов.

Расчёты показывают возможность создания термоядерного ракетного двигателя для сверхтяжёлых (более 3000 тонн) и сверхскоростных (более 10000 км/сек) аэрокосмических летательных аппаратов.

Это новая глобальная энергетика. Сохраним углеводороды для будущих поколений!

Научно-технические (в том числе на 100% МЕДИЦИНСКИЕ, позволяющие лечить многие болезни и, как я предполагаю, старость) подробности и бизнес-предложение на сайте http://thermonuclear.ru Научные достижения - http://thermonuclear.ru/scien/scien.html

Библиографический список:

1) И.Е. Тамм // "Основы теории электричества", М, Наука, главная редакция физико-математической литературы, 1989. с.504.

2) С.Г. Калашников // “Общий курс физики”, том 2, государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, 1956.

3) С.Ю. Таскаев // Физика плазмы, сентябрь, 1997, т.23, №12, с.1123; “Динамика потенциалов при нагреве струи в пробкотроне атомарными пучками”.

4) Т.С. Симонен // Физика плазмы, сентябрь, 1997, т.23, №9, с.771; “Устойчивость плазмы с высоким давлением при благоприятной кривизне силовых линий магнитного поля”.

5) С.В. Путвинский // УФН, ноябрь 1998, т.168, №11, с.1235; “Возможна ли будущая мировая энергетическая система без ядерного синтеза”.

6) “Физический энциклопедический словарь”, гл. редактор А.М.Прохоров, Москва, “Советская энциклопедия”, 1983.

Ермаков Дмитрий Александрович
Ermakov Dmitrii Aleksandrovich
Бакалавр
НИТУ «МИСиС»
E-mail: ermakov_dmitrii@bk.ru

УДК 621.791

ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

LASER PROCESSING OF METALS

Аннотация: Статья посвящена особенностям применения лазерных технологий в обработке металлов. Автор приводит краткий анализ рынка лазерного оборудования в России и мире. Также проводится исследование таких лазерных технологий как лазерная резка, лазерное упрочнение и лазерная закалка. В заключении рассматривается потенциал применения лазерных технологий в различных отраслях промышленности, таких как металлургия, машиностроение, аэрокосмическая техника, автомобиле- и судостроение, нефтегазовая отрасль и др.

Annotation: The article is devoted to the peculiarities of using laser technologies in metal processing. The author gives a brief analysis of the laser equipment market in Russia and the world. Also, laser technologies such as laser cutting, laser hardening and laser hardening are being investigated. In conclusion, the potential of application of laser technologies in various industries, such as metallurgy, machine building, aerospace engineering, automobile and shipbuilding, oil and gas industry, etc., is considered.

Ключевые слова: лазерная обработка, резка, сварка, лазерное упрочнение, гомогенизация, лазерная закалка.

Keywords: laser processing, cutting, welding, laser hardening, homogenization, laser hardening.

Россия занимает 5-е место в мире по импорту обрабатывающего технологического оборудования и лишь 19–20-е место по его производству, т.е. одно из последних мест среди 20 промышленно развитых стран. По импорту и экспорту лазеров Россия занимает - 11-е место. Лидерами по экспорту являются США, Германия и Китай, а по импорту – Китай, Япония, США и Германия. Насыщенность рынка лазеров и лазерных технологий в России оценивается экспертами ≤ 10–15%, а его объём ≥ 1 млрд.долларов [1, С. 143-156].

И хотя масштабы применения на порядок меньше, чем до Перестройки, и на два–три порядка меньше, чем в США, Германии и Японии - роль лазерных технологий и их перспективы трудно переоценить. По данным Strategies Unlimited (29.11.2017), мировой лазерный рынок в 2016 году вырос более чем на 6%, до 10,07 млрд.долларов, а продажи волоконных лазеров увеличились более чем на 16%.

В российской промышленности применение лазерной сварки, наплавки, очистки и сверления, аддитивных технологий имеют пока небольшой объём, хотя отрабатываются в большинстве лазерных центров и имеют очень хорошие перспективы применения, подобно промышленным внедрениям в ведущих странах мира: США, Германии, Японии и других, в т.ч. Китая[3, С. 266-275].

Особенности лазерного излучения, такие как большая плотность фотонов, высокая плотность энергии, значительное давление света, определили широкое использование лазеров в современных технологиях.

Процессы плавления и испарения металлов лежат в основе многочисленных технологических процессов в области металлообработки, а также обработки других материалов. Это лазерная сварка и лазерная термообработка поверхностей (например, закалка сталей), пробивка отверстий, в том числе в таких тугоплавких и твердых материалах, как сапфир и алмаз, раскрой листовых материалов.

Очевидными перспективными отличиями лазерных технологии являются предельно высокая пространственная локализация воздействия, исключительная непродолжительность воздействия, позволяющая локализовать пространственно область теплового воздействия, бесконтактность, возможность строгой дозировки воздействия. Эти особенности делают лазерные технологии в ряде случаев не только прогрессивными, но и незаменимыми. В основе всех этих технологий лежат процессы плавления и испарения твердого тела лазерным излучением.

Механизм газолазерной резки металлов состоит в локальном плавлении материала за счет поглощенной энергии лазерного излучения, и последующем удалении образующегося расплава с помощью газовой струи. В результате относительного движения детали и лазерного луча вдоль заданного пути формируется контур реза.

Впервые об успешно проведеннойлазерной резки было сообщено в 1967 г. Салливаниспользовал 300 Вт CO_2-лазер для резки высокоуглеродистой и нержавеющей сталей, толщиной 2.5 мм. В качестве вспомогательного газа использовался кислород, скорость резки 1 м/мин, диаметр пучка 400 мкм[5, С. 89].

С тех пор лазерная резка развивалась по пути совершенствования качества, производительности и надежности. Качество является важной характеристикой резки. В основном оно определяется состоянием боковых кромок реза и нижней поверхности детали. Также могут оцениваться размер зоны термического влияния, точность и радиус оплавления верхней кромки. В идеале – боковые кромки должны иметь низкую шероховатость и быть параллельными друг другу, а на нижней поверхности не должно быть грата.

Шероховатость напрямую связана с потоком расплава вдоль фронта реза. В случае «бурного», сильно нестабильного потока шероховатость увеличивается. Напротив, высокое качество кромок обычно связывается со стабильным течением. Другой механизм образования шероховатости – локальное чрезмерное окисление или выгорание металла. Это приводит к появлению непериодических глубоких рытвин. Также, выносимый вниз расплав в некоторых случаях может оставаться и застывать на нижней поверхности образца, образуя так называемый грат.

Процесс лазерной резки определяется совокупностью многих параметров: характеристиками излучения и конфигурацией режущей головки, видом и давлением вспомогательного газа, скоростью резки, а также характеристиками разрезаемого металла. Требуемое качество достигается лишь в узком диапазоне значений параметров. Несмотря на отсутствие общепринятой теории резки, опытным путём и используя частные модели, были созданы технологические карты, содержащие перечни комбинаций рекомендуемых параметров для получения качественного реза в различных ситуациях. Тем не менее, потребность в полной теории по-прежнему сохраняется для увеличения надежности и производительности, особенно при автоматизации этих технологических операций[2, С. 231-236].

Применяемый в практике термин “лазерное упрочнение” включает в себя, как правило, широкий спектр физических процессов, протекающих вследствие лазерного термического воздействия на материалы и сплавы. Интенсивный лазерный поток поглощается приповерхностным слоем и приводит к структурным изменениям, зависящим от режимов лазерной обработки и физических свойств обрабатываемых материалов. Поэтому термин “лазерное упрочнение” следует понимать как процесс целенаправленного изменения структурно–чувствительных механических свойств материалов и сплавов посредством лазерного термического воздействия. Основываясь на том, что большинство механических свойств структурно-чувствительны, следует обращать особое внимание на закономерности структурообразования при вариациях условий и режимов лазерной обработки.

Любая термическая обработка заключается в нагреве сплавов при различных температурах и охлаждении их с разными скоростями. При этом изменяются фазовое состояние и структура сплавов и, вместе с тем, в широких пределах изменяются их физические и механические свойства.

Энергетические параметры лазерного воздействия и физические свойства обрабатываемого материала определяют тепловые и диффузионные процессы, приводящие к тем или иным структурным изменениям и фазовым превращениям[4, С. 848-855].

В зависимости от степени теплового влияния на приповерхностные слои лазерное упрочнение подразделяется на отжиг, гомогенизацию, отпуск, лазерную закалку, перекристаллизацию (оплавление поверхности), высокоскоростную перекристаллизацию.

Гомогенизация и соответствующий ей отжиг - процесс, который в практике термической обработки используется для устранения ликвационных неоднородностей, в том числе междендритной ликвации. Лазерная гомогенизация чаще всего используется как первый этап лазерной обработки с целью уменьшения структурных неоднородностей в приповерхностных слоях. Отпуск - процесс нагрева закаленной стали, при котором распадаются мартенсит и остаточный аустенит. В структуре стали при скоростном лазерном отпуске следует ожидать получения очень мелких карбидов ввиду кратковременности воздействия. Поэтому после лазерного отпуска, по сравнению с печным отпуском, сталь имеет более высокую прочность, твердость, ударную вязкость, меньшую хрупкость.

Термин “лазерная закалка” применительно к железоуглеродистым сплавам широко используется в современной литературе, обобщая в себе, как правило, весь диапазон видов лазерной термической обработки, т.е. лазерного термоупрочнения. Характерной чертой лазерной закалке является высокая скорость нагрева и охлаждения порядка 102 - 108 К/с[5, С. 94].

Высокая скорость охлаждения при превращении высокотемпературной фазы - аустенита в железоуглеродистых сплавах приводит к сильному переохлаждению последнего (около 600 К), в результате чего появляются метастабильные фазы, не учтенные на диаграмме фазового равновесия. Поэтому во всем энергетическом диапазоне лазерного упрочнения имеет место мартенситное превращение переохлажденного аустенита, что и обуславливает появление закалочных структур в зоне лазерного воздействия углеродистых сталей.

Оплавление поверхности применяют, преследуя две цели. Во-первых, с целью увеличения толщины упрочненного слоя при лазерной закалке и, во-вторых, с целью изменения микрогеометрии поверхностного слоя.

Увеличение качества поверхности при помощи лазерного оплавления широко применяется для деталей из порошковых сплавов с целью улучшения микрорельефа поверхности и увеличения плотности поверхностного слоя. Однако при использовании такой технологии необходимо учитывать гидродинамическое перемешивание расплава под действием термокаппилярных сил. В зоне оплавления возникают высокие градиенты поверхностного натяжения и, вследствие этого, образуется циркуляционное движение в жидкости до 150 мм/с. Изменение давления внутри расплава требует компенсации, что искривляет поверхность жидкой ванны. Лазерная закалка с оплавлением поверхности чаще всего выполняется для увеличения толщины зоны лазерного воздействия.

Высокоскоростная кристаллизация охватывает скорости роста структур в диапазоне от 10−2 до 102 м/с (получено глубоким переохлаждением материалов).

В процессах лазерной высокоскоростной кристаллизации скорость движения границы раздела фаз достигает 4 м/с, что существенно выше определенных пределов, достигнутых при кристаллизации отливок, и сравнима со скоростями кристаллизации, достигнутыми методами электромагнитной левитации. При таких скоростях роста равновесные процессы на границе раздела фаз не имеют места, и следует рассматривать процессы структурообразования с точки зрения формализма локально неравновесной кристаллизации[1, С. 143-156].

При скоростях движения границы раздела фаз свыше 1 м/сдля сталей описание массообменных процессов вблизи фронта кристаллизации возможно только с учетом характерного эффекта локально–неравновесной кристаллизации - диффузионной релаксации растворенных компонентов примесей в сплавах.

Важнейшим направлением эффективного применения лазерных технологий является сварка металлоконструкций. Лазерная сварка обладает рядом преимуществ в сравнении с другими способами сварки, основными из которых являются:

- универсальность, возможность обработки различных материалов, в том числе не свариваемых обычными способами: хрупких, композиционных и т. д.;
- возможность получения сварных швов с большим отношением глубины проплавления к ширине шва и с прочностью на уровне основного металла;

- до 10 раз большая производительность и до 10 раз меньшие нагрев и термические деформации изделий по сравнению с аргонодуговой сваркой;
- более широкий ассортимент, а также сниженная материалоёмкость изделий за счёт уменьшения критичности на расположение сварного шва как с точки зрения теплового воздействия, так и компактности[2, С. 143-156].

В совокупности указанные преимущества приводят к значительному повышению производительности труда, существенному снижению энергозатрат и материалов, повышению эксплуатационных и служебных свойств изделий.

Библиографический список:

1. Веселков В. В., Афанасьев Н. А., Жмуренков А. Г. Разработка высокопроизводительных технологий лазерной сварки и наплавки для современного судостроения // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. - 2017. - №1 (41). - С.143-156.
2. Горяинов Д. С., Балакиров С. Н., Гусев А. А. Исследование процесса лазерной сварки стали У10А // Известия Самарского научного центра РАН. - 2016. - №4-2. - С.231-236.
3. Казакевич В. С., Яресько С. И. Тенденции развития рынка лазерных технологий для решения задач лазерной обработки материалов. Часть 1. Мировой лазерный рынок // Известия Самарского научного центра РАН. - 2014. - №4-1. - С.266-275.
4. Мурзин С. П., Лидль Г. Лазерная сварка разнородных металлических материалов с использованием дифракционных оптических элементов // КО. - 2017. - №6. - С.848-855.
5. Туманов Ю. Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах. – М.: Издательская фирма Физико-математическая литература, 2017. – 541 с.

Безуглов Александр Михайлович
Bezuglov Alexandr Mikhailovich
Доктор технических наук, профессор
Южно-российский Государственный Политехнический Университет (НПИ), кафедра «Высшей математики»
E-mail: stobam@mail.ru

Безуглов Владимир Александрович
Bezuglov Vladimir Alexandrovich
Соискатель

УДК 614.873

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ФЛУКТУАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОКАЗАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОАНТРАЦИТА

THE MECHANISM OF THE EFFECT OF TEMPERATURE FLUCTUATIONS ON THE READINGS OF THE EFFICIENCY OF PRODUCTION OF COMPOSITE PRODUCTS ON THE BASIS OF THERMOANTHRACITE

Аннотация: Показано закономерное негативное влияние флуктуации параметров определяющих технологический процесс на такие показатели, как энергетический КПД, качество готового продукта, рентабельность производства.

Abstract: The article shows the natural negative influence of fluctuation of the ρarameters determining the technological ρrocess on such indicators as energy efficiency, quality of the finished ρroduct, ρrofitability of ρroduction.

Ключевые слова: Флуктуация температуры, энергетический КПД, термоантрацит, нелинейный процесс, удельное электросопротивление

Keywords: Temρerature fluctuation, energy efficiency, thermoanthracite, nonlinear ρrocess, specific electrical resistivity of

Одной из целевых функций при производстве термоантрацита путем термообработки [1,71-75; 2,137-139;3,139-143] является удельное электросопротивление, эмпирическая зависимость которого от температуры может быть аппроксимирована формулой

$$\rho(T)_{\square}=\frac{B}{+T},$$

где B и θ - экспериментально определенные константы.

Найдем среднее значение $p(T)$ при условии, что $T\epsilon\left[T_0-\Delta T, T_0+\Delta T\right]$;

$$¿\rho\geq\frac{1}{2\Delta T}\int_{T_0-\Delta T}^{T_0+\Delta T}\frac{BdT}{+T}=\frac{B}{2\Delta T}\ln\frac{+T_0+\Delta T}{+T_0-\Delta T}.$$

Полагая $\Delta T/(+T_0)\ll 1$,получим

$$¿p\rho>\rho_0+\frac{1}{3}\rho_0\frac{\Delta T^2}{(+T)^2},$$

где $\rho_0=\rho(T_0)$.

Полученный результат - $¿\rho>¿\rho_0$ означает, что наличие флуктуации температуры $\Delta T\neq 0$ препятствует достижения заданного ρ_0, требует дополнительного перегрева, достижения более высокой температуры термообработки. Логично показать, что это приводит к дополнительным затратам энергии

$$\Delta Q=mC\frac{B}{\rho_0}\left[\frac{\rho_0}{2\Delta B}\ln\frac{\rho_0+\Delta\rho}{\rho_0-\Delta\rho}-1\right].$$

Исходя из этой формулы, логично оценить КПД процесса (точнее один из множителей в составе КПД) считая полезной минимально необходимую для достижения заданного (по технологии) ρ_0 энергии, получаем

$$\eta=\frac{2\Delta\rho}{\rho\ln\frac{\rho_0+\Delta\rho}{\rho_0-\Delta\rho}}\approx 1-\frac{\Delta\rho}{\rho_0}.$$

Эта формула является аналитическим выражением утверждения о том, что наиболее выгоден и эффективен как энергетически, так и экономически, ели речь идет о промышленном производстве, процесс, в котором термообработка, ведется с минимальной неоднородностью как теплового поля, так и удельного электросопротивления.

Для теоретического описания термодинамического процесса и термодинамического состояния достаточно выбрать ограниченное число независимых термодинамических координат и соответствующих им потенциалов, а остальные параметры технологического процесса могут считаться их функциями. Таковыми являются параметры, используемые для контроля процесса и управления им, а также те, которые можно считать целевыми функциями процесса – КПД, показатели качества изделия и т.п. В свою очередь, статистический характер любого технологического процесса, приводит к тому, что все характеристики, являясь в общем случае нелинейными функциями, зависят как от средних значений координат - ¿x>¿x_0, так и от средних значений их флуктуаций – ¿ и т.п.).

Пусть случайная величина X распределена на промежутке $[x_0-\Delta x, x_0+\Delta x]$ по закону $\varphi(x)$¿ для определенности). Среднее значение произвольной интегрируемой функции $f(x)$ определяется формулой:

¿$f(x)$>¿$\frac{1}{2\Delta x}\int_{x_0-\Delta x}^{x_0+\Delta x} f(x)\varphi(x)dx.$

В случае бесконечного промежутка - (-∞,∞), соответственно

¿$f(x)$>¿$\int_{-\infty}^{\infty}\varphi(x)f(x)dx.$

Так, для нормально распределенной X получаем:

¿$f(x)$>¿$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{\frac{-(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}dx=$¿¿

$f(x$¿¿$0)+\frac{1}{2}f^{\}$ (x} rsub {0}) {σ} ^ {2} +… ¿¿¿

а для равномерно распределенной на $[x-\Delta x, x+\Delta x]$

¿$f(x)$>≈$f(x$¿¿$0)+\frac{1}{3}f^{\}$ (x} rsub {0}) {Δx} ^ {2} +… ¿¿¿

При вычислении интегралов $f(x)$ полагалась разложимой в ряд Тейлора.

Таким образом, во всех случаях, когда $f(x)$ имеет отличные от нуля четные производные среднее значение показателей технологического процесса, ¿$f(x)$>¿ не совпадает с расчетным теоретическим, которое соответствует ¿¿). Если $f(x_0)>0$, то флуктуации x эффективно увеличивают ¿$f(x)$>¿, в случае $f^{\}$ left ({x} rsub {0} right) >¿, и уменьшают при $f^{\}$ left ({x} rsub {0} right) <¿. Аналогичные поправки связаны с высшими производными четных порядков. Если $f(x_0)$ - отрицательна, то для ¿$f(x)$>¿ сохраняется утверждение: $f^{\}$ left ({x} rsub {0} right) >¿ - увеличивает значение ¿$f(x)$>¿, а $f^{\}$ left ({x} rsub {0} right) <¿ уменьшает.

Физический смысл полученных выражений и отвечающих им явлений состоит в том, что все нелинейные процессы реагируют на наличие флуктуаций: флуктуации температур ведут к росту удельного электросопротивления и уменьшают удельную электропроводимость, что равносильно росту затрат энергии на достижение заданного среднего; флуктуации ρ как независимого переменного, приводят к росту средней температуры, необходимой для достижения заданного ρ.

Подобные эффекты присутствуют в общем случае произвольного технологического процесса, если целевая функция имеет область насыщения. Условие $f^{\}$ left ({x} rsub {0} right) >¿ означает убывающую функцию с графиком, обращенным выпуклостью вниз, а $f^{\}$ left ({x} rsub {0} right) <¿ - означает возрастающую функцию в выпуклостью обращенной вверх.

Легко видеть, что для таких функций всегда будет справедливо утверждение: наличие флуктуаций негативно сказывается на показателе ¿$f(x)$>¿ и, следовательно, приводит к

необходимости дополнительных затрат на достижение заданного технологического (экономического) результата. Другими словами, наиболее выгодный процесс – процесс без флуктуаций, для повышения эффективности процесса необходимо принимать меры к снижению интенсивности флуктуаций параметров.

Типичный пример – КПД (η) процесса. Если существует некоторый параметр t, с ростом которого растет КПД, то по определению η, $\eta^{\}\ \mathrm{left}\ (t\ \mathrm{right}\ )<0¿}$ Следовательно, наличие флуктуаций будет уменьшаться ¿η>¿.

Аналогичные рассуждения справедливы и для случая, когда оптимальное значение целевой функции достигается не с ростом, а с убыванием t.

Если зависимость $f(x)$ обратная и при $f^{\}\ \mathrm{left}\ (\{x\}\ \mathrm{rsub}\ \{0\}\ \mathrm{right}\ )>¿}$ функция возрастет (или при $f^{\}\ \mathrm{left}\ (\{x\}\ \mathrm{rsub}\ \{0\}\ \mathrm{right}\ )<0-\ \mathrm{f\ left}\ (x\ \mathrm{right}\ )\ ¿}$убывает), то при учете флуктуации значение ¿$f(x)$>¿ смещается в сторону больших значений для возрастающей функции, и меньших – для убывающих.

Однозначно можно утвердить, что таких функций не существует в природе, если $f(x)$ растет с ростом потребляемой энергии. Существование их противоречило бы закону сохранения энергии: флуктуации приводили бы к энергетическим эффектам без дополнительного энергопотребления. Например, плавление вещества при ¿T>¿$T_{пл.}$.

Такое поведение целевой функции возможно, если она связана каким-то образом с выделением энергии, например в химических реакциях, когда флуктуации температуры могли бы стимулировать какие-то экзотермические реакции. Процесс становился бы неустойчивым, а флуктуации тогда бы способствовали бы достижению экстремума целевой функции.

Таким образом, исключая подобные варианты, в случае эндотермических процессов, всегда можно утверждать, что наличие флуктуаций приводит к понижению КПД таких технологий.

Библиографический список:

[1] Посыльный В.Я., Мазалов Ю.Д. Электросопротивление термообработанных антрацитов. // Химия твердого топлива, 1980.-№1.-С. 71-75

[2] Посыльный В.Я., Безуглов А.М. К вопросу о повышению КПД шахтной печи. //Химия твердого топлива, 1988.-№3.-С.137-139

[3] Посыльный В.Я., Безуглов А.М. Влияние неоднородности термообработки на качество термоантрацита, 1988.-№2.-С.139-143

Безуглов Александр Михайлович
Bezuglov Alexandr Mikhailovich
Доктор технических наук, профессор
Южно-российский Государственный Политехнический Университет (НПИ), кафедра «Высшей математики». E-mail: stobam@mail.ru

Безуглов Владимир Александрович
Bezuglov Vladimir Alexandrovich
Соискатель

УДК 537.311

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТОКА В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

THE DISTRIBUTION OF CURRENT IN AN INHOMOGENEOUS MEDIUM

Аннотация: Рассмотрены различные аспекты влияния неоднородности распределения удельного электросопротивления на особенности распространения тока в среде композиционного изделия, построенного на основе термоантрацита или иного неоднородного наполнителя. Установленно влияние наличия флуктуации на КПД процесса.

Abstract: Various aspects of influence of inhomogeneity of distribution of specific resistivity on features of distribution of current in the environment of the composite product constructed on the basis of thermoanthracite or other inhomogeneous filler are considered. The influence of fluctuation on the efficiency of the process is established.

Ключевые слова: Закон Ома, плотность тока, неоднородность среды, перераспределение плотности носителей, композитное изделие, флуктуация

Keywords: Ohm's law, current density, the heterogeneity of the environment, the redistribution of the carrier density, the composite product, the fluctuation

В случае неоднородной анизотропной среды [1,71-75;2,139-143] закон Ома в дифференцированной форме имеет вид

$$j_i = \sigma_{ik} E_k$$

или

$$j_i \rho_{ik} = E_k,$$

где j_i - вектор плотности тока, E_k - напряженность электрического поля в среде, σ_{ik} - тензор удельной проводимости, ρ_{ik} – удельное электросопротивление.

$$\sigma_{ik} = \sigma_{ik}(x, y, z),\ \rho_{ik} = \rho_{ik}(x, y, z).$$

При условии стационарности процесса уравнение непрерывности принимает вид:

$$divj = \frac{\partial j_i}{\partial x_i} = 0.$$

Используя закон Ома, можно получить

$$\sigma_{ik} \frac{\partial E_k}{\partial x_i} + \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_i} E_k = 0.$$

Так как по условии задачи $\frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_i} \neq 0$ - среда неоднородна, второе слагаемое также отлично от нуля:

$$\sigma_{ik} \frac{\partial E_k}{\partial x_i} = \frac{-\partial \sigma_{ik}}{\partial x_i} E_k \neq 0.$$

Рассмотрим, в начале, изотропную ситуацию:

$$\sigma_{ik} = \sigma(r) \delta_{ik},$$

где $\delta_{ik} = 0, i \neq k$ и $\delta_{ik} = 1, i = k$. Тогда уравнение принимает вид

$$\sigma(r) \frac{\partial E_i}{\partial x_i} + \frac{\partial \sigma(r)}{\partial x_i} E_i = 0.$$

Воспользуемся одним из уравнений Максвелла

$$\frac{\partial E_i}{\partial x_i}=\frac{e\Delta n}{\varepsilon_0},$$

где e - заряд электрона, ε_0 - электрическая постоянная, Δn - плотность носителей заряда. В итоге получаем

$$E_i\frac{\partial\sigma(r)}{\partial x_i}+\frac{e\Delta n}{\varepsilon_0}\sigma(r)=0$$

или

$$\Delta n=\frac{-\varepsilon_0 E_i}{e\sigma(r)}\frac{\partial\sigma(r)}{\partial x_i}.$$

Таким образом, наличие градиента $\sigma(r)$ в среде приводит к возникновению источников поля, то есть, перераспределению плотности носителей при протекании электрического тока под воздействием внешнего поля: $n(r)=n(x,y,z)=n_0+\Delta n$.

Неоднородность $\sigma(r)$ (или $\rho(r)$) создает неоднородное распределение плотности электрического заряда, которое, в свою очередь, создает тормозящие поля в местах повышенной проводимости и ускоряющегося в местах повышенного сопротивления.

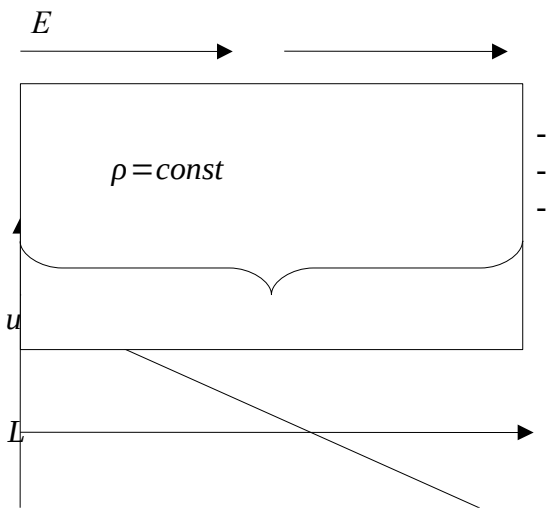
Следует заметить, что если неоднородность p возникает в поперечном сечении, то есть перпендикулярно току, то перераспределение зарядов не возникает, так как, если

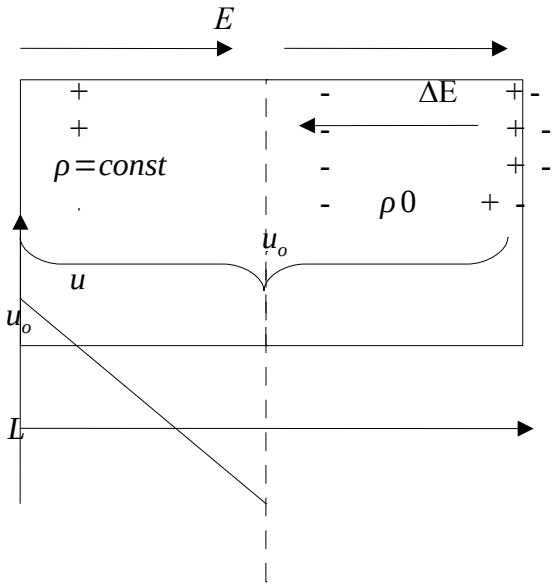
$E \perp \nabla\sigma$ и $E*\nabla\sigma=\mathbf{0}$

то $\Delta n=0$.

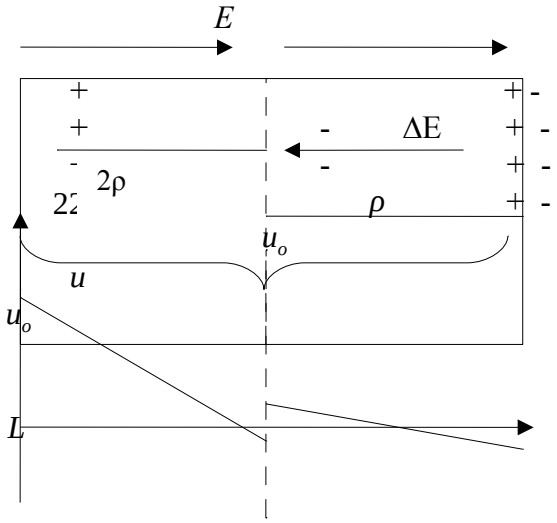
Для примера рассмотрим некий проводник при условии поддержания постоянного напряжения на его концах, перераспределение плотности Δn вдоль напряженности E наглядно представлено на (рис.1).

а)





б)



в)

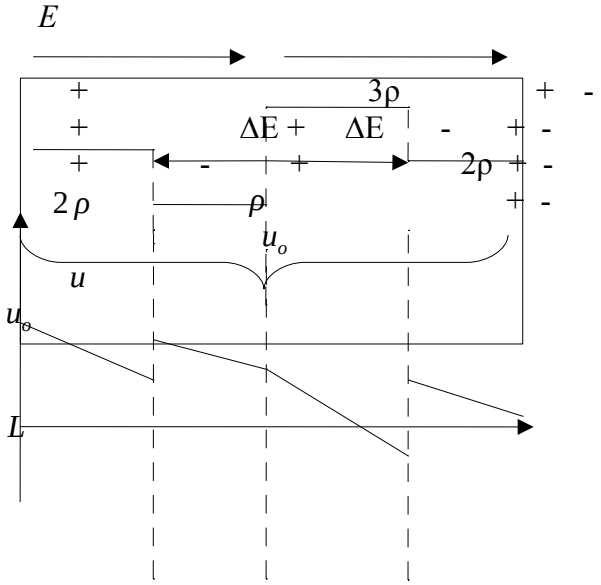


Рис. 1. Перераспределение плотности носителей электрического заряда в следствии протекания тока в неоднородном композитном изделии

а) однородное распределение ρ;

б) глобально неоднородное по p изделие;

в) локально неоднородное изделие.

На графиках показаны уровни падения напряжения, соответствующие имеющимся неоднородностям ρ.

Таким образом, в общем случае произвольной неоднородности $\rho(r)$ возникает соответствующая неоднородность плотности заряда, которое сопровождается перераспределением тока в среде.

Рассмотрим последствия такого перераспределения. Оценим потери на джоулево тепло при протекании тока через неоднородное композиционное изделие по формуле –

$$Q=\int_v j^2 \rho dv$$

и со случаем однородного изделия.

$$\Delta Q=Q-Q_0=\int_v dv\left[j^2\rho-j_0^2\rho_0\right]=¿¿$$

¿ $\int_v dv$ ¿¿

где

$$j_0=\frac{1}{v}\int_v j dv\,,\rho_0=\frac{1}{v}\int_v \rho dv\,.$$

Оставляя только четные степени флуктуаций, так как нечетные при усреднении по объему исчезают, получаем промежуточное выражение

$$\Delta Q=\int_v dv\left[\rho_0\delta j^2+2\,j_0\delta j\delta\rho\right].$$

Далее используя закон Ома в дифференциальной форме, получаем неотрицательное выражение

$$\Delta Q=\frac{1}{\rho_0^{\,3}}\int_v dv\left[\rho_0\delta E+E_0\delta\rho\right]^2\geq 0.$$

ΔQ оказывается нулевым только в очевидном случае $\delta\rho=0$ и в случае $\delta j=0$, который возможен при условии $\nabla\rho\parallel E$. Это можно установить из полученного выше выражений:

$$\frac{E_i}{\rho}\frac{\partial\rho}{\partial x_i}=\frac{\Delta n}{\varepsilon_0}=\frac{\partial E_i}{\partial x_i},$$

откуда,

$$\frac{dE}{dx}=\frac{E}{\rho}\frac{d\rho}{dx},$$

и, следовательно, $E=c\rho, c=j=const$, за исключением указанных случаев, то есть в общем случае - $\Delta Q>0$. Логично утверждать, что наличие флуктуации удельного сопротивления приводит к дополнительным потерям, перерасходу энергии и следовательно снижает энергетический КПД технологического процесса.

Библиографический список:

[1] Посыльный В.Я., Мазалов Ю.Д. Электросопротивление термообработанных антрацитов. // Химия твердого топлива, 1980.-№1.-С. 71-75

[2] Посыльный В.Я., Безуглов А.М. Влияние неоднородности термообработки на качество термоантрацита, 1988.-№2.-С.139-143

Адырбаев Рустам Сансызбаевич
Adyrbaev Rustam Sansyzbaevich
Магистрант, гр. МП-16-3к, ЮКГУ им. М. Ауезова, Шымкент
E-mail:gosha.kz.86@mail.ru

УДК 691.57

ПОЛУЧЕНИЯ СИНЕГО УЛЬТРАМАРИНА ПУТЕМ И ЗАМЕНЫ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ НА НОВЫЙ БОЛЕЕ РЕАКЦИОННО АКТИВНЫЙ ПРИРОДНЫЙ КРЕМНЕЗЕМ

Аннотация: Преимуществом предлагаемого изобретения является улучшение технологических качеств ультрамариновой шихты, обусловленных использованием в качестве источника кремнезема широко распространённого природного водного аморфного кремнезема, обладающего высокой реакционной способностью и обеспечивающего в полной мере протекание химических и твердофазовых реакций по всему объему шихты при более низких температурах.

Summary: The advantage of the proposed invention is to improve the technological qualities of ultramarine charge due to the use as a source of silica of widespread natural aqueous amorphous silica, which has a high reactivity and provides a full flow of chemical and solid-phase reactions throughout the batch volume at lower temperatures.

Ключевое слова: пигменты, минералы, ультрамарин, оксид, керамика, дисперсность, неорганический.

Ультрамарин представляет собой алюмосиликат, содержащий натрий и серу и обладающий специфической кристаллической решеткой.

В качестве исходного алюмосиликата для получения ультрамарина применяют каолин $A1_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. При прокаливании в присутствии сульфидов натрия, которые образуются в ультрамариновой шихте, каолиновая кристаллическая решетка перестраивается в ультрамариновую.

Состав ультрамарина может колебаться в широких пределах в зависимости от состава исходной шихты.

Введением кремнекислоты можно менять в шихте, а следовательно, и в готовом ультрамарине, молекулярное отношение SiO_2:$A1_2O_3$ от 2 до 3. В чистом каолине это отношение равно. При SiO_2:$A1_2O_3$ = 3 шихта при прокаливании шлакуется.

Количество серы в ультрамарине также зависит от соотношения количеств натрия и серы в исходной шихте. При молекулярном отношении в шихте Na : S = 2 получаются ультрамарины, содержащие в молекуле 2 атома серы; при увеличении в шихте относительного содержания серы ее содержание в ультрамарине возрастает и может повыситься до 4 атомов в молекуле.

Ультрамарины различают, кроме того, по содержанию в них натрия.

Малосернистые и малокремнистые ультрамарины, получаемые из шихты, в которой молекулярное отношение SiO_2: AI_2O_3, можно расположить по примерному содержанию в них натрия в следующий ряд:

Таблица - Виды ультрамаринов по цвету

Цвет ультрамарина	Формула
Белого цвета	$Na_{10}Al_6Si_6S_2O_{24}$
Зеленого цвета	$Na_8Al_6Si_6S_2O_{24}$
Синего цвета	$Na_7Al_6Si_6S_2O_{24}$

При обжиге такой шихты сначала образуется неустойчивый белый ультрамарин, выделить который в чистом виде не удается. Затем белый ультрамарин переходит в зеленый. Для получения синего ультрамарина зеленый ультрамарин смешивают снекоторым количествам серы и подвергают смесь вторичному обжигу в окислительной среде. При вторичном обжиге часть натрия, входящего в состав ультрамариновой частицы, вследствие воздействия на нее кислорода и SO_2, образующейся в результате горения серы, превращается в сульфат натрия:

$$2Na_8Al_6Si_6S_2O_{24} + SO_2 + O_2 \rightarrow 2Na_7Al_6Si_6S_2O_{24} + Na_2SO_4$$

Многосернистые и многокремнистые ультрамарины, получаемые из шихты с отношением Na : S, соответствующим сульфиду $Na_2S_{3-3,5}$, и отношением SiC_2 : $A1_2O_3$ = 2,5-3, по содержанию в них натрия можно расположить в ряд:

Таблица - Виды ультрамаринов по цвету

Цвет ультрамарина	Формула
Синего цвета	$Na_6Al_{14}Si_6S_4O_{24}$
Фиолетового цвета	$Na_5Al_4Si_6S_4O_{23}$
Красного цвета	$Na_3Al_4Si_6S_4H_3O_{23}$

В этом ряду отщепление натрия достигается обработкой ультрамарина смесью хлора и хлористого водорода. Для перевода синего ультрамарина в фиолетовый такую обработку производят при 260 °С, для перевода фиолетового ультрамарина в красный - при 130-135 °С. Вместо смеси хлора и хлористого водорода можно применять пары азотной кислоты.

Возможен и обратный перевод ультрамаринов из одного вида в другой путем восстановительного процесса. В случае обработки синего ультрамарина водородом при 400 °С получается весьма слабо окрашенный продукт, причем содержание натрия в нем остается таким же, каким оно было в исходном синем ультрамарине. Обесцвеченные продукты сохраняют характерную для ультрамаринов кристаллическую решетку и легко окисляются обратно в синий ультрамарин.

Таким образом, при переводе одного вида ультрамарина в другой окислением происходит последовательное отщепление натрия; при обратном восстановлении содержание натрия в продуктах остается неизменным. Но в обоих случаях происходит изменение характера связи между натрием и серой. При разложении кислотой белого ультрамарина вся содержащаяся в нем сера выделяется в виде сероводорода; из зеленого ультрамарина при разрушении его кислотой половина серы выделяется в виде сероводорода и половина - в виде элементарной серы; из синего ультрамарина только четвертая часть серы выделяется в виде сероводорода и три четверти - в виде элементарной серы. При разложении кислотой фиолетового и красного ультрамаринов вся сера выделяется в виде элементарной.

Из всего этого можно сделать вывод, что сера связана с натрием:

- в белом ультрамарине в виде моносульфида:

$Na_2S + 2HC1 \rightarrow 2NaCl + H_2S$

- в зеленом ультрамарине в виде дисульфида:

$Na_2S_2 + 2HC1 \rightarrow 2NaCl + H_2S + S$

- в синем ультрамарине в виде тетрасульфида:

Na_2S_4H- $2HC1 \rightarrow 2NaCl + H_2S + 3S$.

В фиолетовом и красном ультрамаринах прямой связи между натрием и серой нет.

Таким образом, причина изменения цвета ультрамарина заключается в изменении характера связи между натрием и серой.

Схему процессов, происходящих при обжиге шихты, можно представить следующим образом:

- образование в результате реакции соды с серой полисульфидов;
- образование в результате реакции полисульфидов с алюмосиликатами зелено-синего ультрамарина;
- окисление зелено-синего ультрамарина в синий при охлаждении печи; окисление происходит в результате воздействия сернистого газа и кислорода на зелено-синий ультрамарин.

Эта схема несколько упрощена. В действительности при обжиге шихты протекают более сложные процессы.

При 150-200 °С начинается реакция между содой и серой, при которой наряду с сульфидами образуется гипосульфит:

$$3Na_2CO_3 + S_n \longrightarrow 2Na_2S_{\frac{n-2}{2}} + Na_2S_2O_3 + 3CO_2$$

Эта реакция протекает, в основном, при 200-400 °С и полностью заканчивается при 500 °С.

Образовавшийся гипосульфит восстанавливается в сульфид сначала серой, а при 400-500 °С также и углеродом:

$2Na_2S_2O_3 + 3S \rightarrow 2Na_2S_2 + 3SO_2$ $2Na_2S_2O_3 + 3C \rightarrow 2Na_2S_2 + 3CO_2$

Кроме того, при высокой температуре гипосульфит может разлагаться:

$4Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2S_5 + 3Na_2SO_4$

Если в печи имеется свободный кислород, то, проникая через поры внутрь тиглей, он окисляет серу в сернистый газ, а полисульфиды и гипосульфит - в сульфат натрия.

Восстановитель до температуры 400 °С в реакции не участвует.

Главная его масса окисляется в двуокись углерода в интервале температур 400-550 °С за счет восстановления кислородных соединений серы.

Наряду с окислением серы в сернистый газ идет ее испарение из тиглей.

Образовавшиеся сульфиды натрия вступают в реакцию с алюмосиликатами уже при температуре порядка 400 °С, но до 700 °С эта реакция протекает очень медленно.

Одним из важнейших моментов в технологии производства ультрамарина является степень спекания полуфабриката в процессе обжига, которая зависитот ряда условий: от температуры и длительности ее воздействия, состава шихты и содержания примесей в отдельных компонентах. Спекание усиливается при повышении температуры и длительности ее воздействия, при повышенном содержании кремнистой добавки в шихте, а также при наличии в сырье окислов железа.

Если промежуточный зелено-синий ультрамарин спекается слишком сильно, то его окисление в синий происходит только по поверхности агрегатов, так как кислород и сернистый газ плохо проникают во внутренние зоны и агрегаты остаются внутри зелено-синими. При размоле такой продукт приобретает некрасивый зеленоватый оттенок, так как вместе с синими поверхностными слоями агрегатов размалываются и зелено-синие ядра. Кроме того, слишкомсильно спекшийся продукт при размоле плохо диспергируется и поэтому имеет низкую интенсивность.

Слишком слабое спекание полуфабриката также приводит к понижению его качества. В рыхлую массу недостаточно спекшегося промежуточного зелено-синего продукта проникает избыток кислорода, который при 500-100 °С разрушает полуфабрикат, в результате чего образуется брак.

Синий ультрамарин - искусственный неорганический пигмент, имеющий вид синего порошка, оттенок которого зависит от химического состава. Встречающийся в небольших количествах природный ультрамарин потерял практическое значение.

Светостойкость и атмосферостойкость ультрамарина - хорошие. Интенсивность его значительно меньше интенсивности лазурита.

Ультрамарин представляет собой сложный алюмосиликат, содержащий, наряду с алюминием, кремнием и кислородом, серу и натрий. Структура его окончательно не установлена. При сравнительно большом содержании серы и кремния пигмент обладает некоторой устойчивостью по отношению к слабокислым вещества (квасцам) и имеет красноватый оттенок, в то время как более бедные серой и кремнием ультрамарины имеют зеленоватый оттенок и легко разрушаются даже такими слабокислыми веществами, как квасцы. По отношению к щелочным веществам (не слишком концентрированным) все ультрамарины обладают хорошей устойчивостью. Состав синего малосернистого ультрамарина - $Na_7Al_6Si_6S_2O_{24}$, многосернистого - $Na_6Al_4Si_6S_4O_{24}$.

Удельный вес ультрамарина 2,34 г/см^3; насыпной вес: свободный 0,52 кг/л, уплотненный 0,7 кг/л. Кислоты разрушают ультрамарин с выделением H_2S.

При прокаливании измельченной и размешанной шихты в специальных муфельных или тигельных печах при определенном режиме сначала получают зеленый продукт, который после окисления превращается в синий полуфабрикат ультрамарина. Самой длительной частью технологического процесса является медленное (до 8-10 дней) охлаждение печи (так называемое "томление"), связанное с процессом окисления зеленого ультрамарина в синий. Прокаленный и охлажденный полуфабрикат сортируют, отмывают, измельчают, сушат и просеивают.

Качественная проба - при обработке кислотой пигмент разрушается, синяя окраска исчезает, выделяется сероводород.

Известен способ получения неорганического пигмента - синего ультрамарина, включающий многостадийную длительную термообработку [40]. В состав шихты входит белая глина, карбонат натрия, сера и восстановитель, расположенный над шихтой. Термообработку осуществляют следующим образом: шихту нагревают сначала до 200°С, затем поднимают в течение 1,5-2,0 часов температуру до 300°С с последующим нагревом до 680-720°С и выдержкой в течение 2,0-3,5 часов, печь охлаждают до комнатной температуры и далее отжигают при 580-620°С не менее 3 часов на воздухе. Недостатком данного способа является длительный процесс получения пигмента,

связанный с большими энергозатратами, и использование в процессе синтеза серы. Это требует дополнительных затрат для обеспечения техники безопасности при его производстве.

Способ получения керамического пигмента цвета ультрамарин [42] относится к производству неорганических керамических пигментов. Технический результат изобретения заключается в улучшении характеристик цвета пигмента. Шихта содержит оксид кобальта (III), оксид алюминия, порошкообразный алюминий и дополнительно оксид цинка при следующем соотношении компонентов, мас.%: оксид кобальта (II) - Co_2O_3 - 43-46, оксид алюминия Al_2O_3 - 44-48, алюминий Al - 7-10, оксид цинка ZnO - 2-5. Шихту указанного состава тщательно перемешивают, насыпают в сетку из нержавеющей стали. Для обеспечения стационарного послойного горения шихту подогревают до 500°С. Горение осуществляют от поджигающей таблетки Ni+Al (50 ат.% Al), инициируемой электрозапалом.Термосинтез пигмента проводят в режиме послойного горения в условиях естественной фильтрации, позволяющей легко удалять образующиеся в процессе синтеза газы.

Ультрамариновый пигмент синего цвета, синтезируемый из прокаленного каолина, комовой серы, кальцинированной соды, канифоли, согласно изобретении, в состав шихты вводят природный водный аморфный кремнезем и в качестве восстановителя канифоль. Использование в качестве источника кремнезема широко распространённого природного водного аморфного кремнезема, обладающего высокой реакционной способностью по сравнению с горным хрусталем, обеспечивает в полной мере протекание химических и твердофазовых реакций по всему объему шихты при более низких температурах.

Каолин подвергают предварительному прокаливанию в печи при температуре 800 °С в течение 1,5-2ч для удаления гидратной воды. Затем каолин растирается в ступке до полного прохождения через сито с сеткой №0085.

Природный водный аморфный кремнезем измельчают до полного прохождения через сито №0085 и высушивают при температуре 100-110 °С в течение часа.

Предварительно подготовленные компоненты шихты взвешивают в соответствии с рекомендуемым составом, масс.%: каолин - 36,05; природный водный аморфный кремнезем - 6,87; комовая сера - 36,05; кальцинированная сода - 14,59; канифоль - 6,44 и тщательно размешивают в ступке.

Смесь переносят в фарфоровый тигель, его закрывают куском листового асбеста и помещают в муфельную печь. Подъем температуры до 800°С длится 1,5-2ч, после чего дается выдержка 2ч. По истечении выдержки печь выключается, а тигель оставляется в печи для остывания, после чего асбестовую крышку снимают, содержимое тигля извлекают и подвергают тонкому помолу.

Интенсификация реакции достигается введением в шихту тонкоразмолотых компонентов.

Использование доступного природного водного аморфного кремнезема в шихте позволило получить яркий насыщенный пигмент синего цвета и снизить его себестоимость.

Библиографический список:

1. Будников П.П., Балкеевич В.Л. и др. Химическая технология керамики и огнеупоров. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 547 с.
2. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. – Л.: Химия, 1987. –200 с.
3. Масленникова Г.Н., Пищ И.В. Керамические пигменты. – Минск.: Стройматериалы, 2009. – 224 с.
4. Гузман И.Я. Химическая технология керамики — М.: Стройматериалы, 2003. – 496 с.
5. Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В. Технология пигментов и красителей. – Москва.: НИУ МГСУ, 2015. –151 с.
6. Т.В. Калинская, А.С. Дринберг. Цветные пигменты. – М.: «Издательство ЛКМ-пресс», 2013. – 360 с.

Ахмаджанов Самад Сабиржанович
Магистрант группы МП-16-3к ЮКГУ им. М.Ауезова, г. Шымкент
E-mail: www.samad.kz@mail.ru

Хамитов Нургазы Оразбаевич
Магистрант группы МП-16-3к ЮКГУ им. М.Ауезова, г. Шымкент
E-mail: khamitov.nurgazi@gmail.com

Есимов Беген Омарович
д.г-м.н. проф. ЮКГУ им. М. Ауезова, г. Шымкент
E-mail: boyessimov@gmail.com

Ahmadzhanov Samad Sabirzhanovich
Master degree student, group МП-16-3к, SKSU named after M.Auezov.
E-mail: www.samad.kz@mail.ru

Khamitov Nurgazi Orazbayevich
Master degree student, group МП-16-3к, SKSU named after M.Auezov.
E-mail: khamitov.nurgazi@gmail.com

Yessimov Begen Omarovich
d.g-m.s prof. SKSU named after M. Auezov
E-mail: boyessimov@gmail.com

УДК 666.32/.36

ПОДБОР ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМОГРАНИТА

SELECTION OF DOMESTIC CLAY RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF PORCELAIN STONEWARE

Аннотация: Подбор отечественного глинистого сырья для производства керамогранита; синтезирован керамогранит на основе отечественного глинистого сырья.

Abstract: Selection of domestic clay raw material for the production of porcelain stoneware; porcelain stoneware is synthesized on the basis of domestic clay raw material

Ключевые слова: керамика, керамогранит, глины и каолины, водопоглощение.

Keyword: ceramics, porcelain stoneware, clay, water absorption.

Государственной программой индустриально–инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы определена перечень приоритетных товаров, в число которых входят и керамические плитки [1].

Производство керамического гранита – высокотехнологичный процесс. Его получают из каолина, беложгущихся глин, полевых шпатов и кварцевых песков. В настоящее время завод компании ТОО МК «ЗЕРДЕ Керамика» является единственным в Казахстане по производству керамогранита. Его производственная мощность около 2 млн. кв. м^2 керамогранита в год, что составляет около 40 процентов от общего объема потребности страны. Одной из основных задач предприятия является решение проблемы импортозамещения сырьевых материалов [2].

Наша попытка использования в составе масс керамогранита глинистого сырья (тугоплавких глин, каолина) из отечественных месторождений направлена на решение этой проблемы.

В ходе сбора и анализа материалов о месторождениях глинистого сырья (тугоплавких глин, каолина) нами из различных источников собран фактический материал об их химических, физических и технологических свойствах, представляющих интерес при определении практической пригодности глинистого минерального сырья [3-6].

Месторождение Кызылсайское в Ленинском районе Актюбинской области. Продуктивная толща представлена плотными жирными глинами... Химический состав глин, %: SiO_2 25,16-78,85;

TiO_2 1,52-4,16; AL_20_3 14,7-44,3; Fe_20_3 1,08-14,9; CaO 0,28-0,54; MgO 0,25-0,69; Na_20 0,1-0,46;K_2O 0,1-0,86; $S0_3$ 0,55. Огнеупорность глин 1400-1730°С, температура спекания 1250-1400°С. Минеральный состав, %: каолинит - 71, гидрослюда - 5, гидраргиллит - 5,2, прочие - 18,8.Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 2677 тыс. $м^3$.

Месторождение Аркалыкское в Аркалыкском районе Костанайскcй области. Выявлено 16 залежей, состоящих из одного или нескольких сближенных тел. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 10,6-74,4; TiO_2 0,6-7,3; $A1_20_3$ 18,2-59,3; Fe_20_3 0,2- 13,9; CaO 0,5-2; MgO 0,5-1,8; K_2O 0,2-3,4; $S0_3$ 0,05-0,4 , п. п. п. 6-30. Они подразделяются на высокоглиноземистые и основные. Физико-механические свойства: а) высокоглиноземистые глины (АРВ), огнеупорность - 1760-1880°С, температура спекания - 1430° С, б) глина основная (АРО), огнеупорность - 1670-1800°С, температура спекания - 1430°С, число пластичности - 17-26. Содержания, %: гиббсита 0-70, каолинита 40-90.Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 16789тыс.тонн.

Месторождение Верхне-Ашутское в Аркалыкском районе Костанайской области. Огнеупорные глины тяготеют к бокситорудной свите палеогена. Суммарная мощность пород бокситорудной свиты 60-70 м. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 11,2-68,9; TiO_2 0,2-7; $A1_20_3$ 21,4-54; Fe_20_3 0,1-34,7; п. п. п. 5,1 -27,6 .Физико-механические свойства: а) аркалыкская высокоглиноземистая (АРБ) - число пластичности - 16-47, огнеупорность - 1750-1790°С; б) глина аркалыкская основная (АРО), число пластичности - 9-54, огнеупорность - 1730-1780°С. Запасы огнеупорных глин составляют по категориям А+В+С, - 36757 тыс. тонн.

Месторождение Нижне-Ашутское в Аркалыкском районе Костанайской области. Огнеупорные глины относятся к бокситорудной свите, мощность ее 140 м. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 10-60,5; TiO_2 0,1-8; $A1_20_3$ 23-57 ; Fe_2O_3 0,2-30; CaO 0,29; MgO 0,119; MnO 0,046; P_20_5 0,064; $S0_3$ 6,5-28; п. п. п. 8,4-24,9. Физико-механические свойства огнеупорных глин: а) высокоглиноземистых (АРВ), число пластичности - 16-47, огнеупорность - 1750-1790°С; б) основных глин (АРО), число пластичности - 9-54 %, огнеупорность - 1730-1780° С. В составе глин преобладает каолинит (до 80 %) в виде тонкочешуйчатых кристаллов. Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 9048 тыс. тонн.

Месторождение Северное в Аркалыкском районе Костанайской области. Суммарная мощность пород бокситорудной свиты 80-100 м. На участке Северо-Западный выявлена залежь глин длиной 400-800 м, шириной 50-300 м, мощностью 1-6 м. Она включает 75 % запасов огнеупорных глин месторождения. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 10-59,7; TiO_2 1,46-5,4; $A1_20_3$ 28,8-67,3; Fe_20_3 0,52-2,98; CaO 0,2-0,76; $S0_3$ 0,08-0,19; R_20 0,15-3,43; п. п. п. 9,2.Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 3422 тыс.тонн.

Месторождение Уштобинское в Аркалыкском районе Костанайской области. Выявлено три линзообразных тела. Длина 1300-1400 м, ширина 360 м, мощность 0,7-27,4 м. Залежи отличаются выдержанностью по мощности и качеству. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 3,6-49,3; TiO_2 0,91-5,7 ; $A1_20_3$ 33-58,4; Fe_20_3 0,42-1,91; CaO 0,32-0,77; MgO 0,08-1,18; Na_20 0,3-2,6; K_20 0,28-2,7; SO_3 0,12-0,22 ; п. п. п. 11,33-30,73 (21,8). Глины состоят из каолинита и гиббсита. Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 18288 тыс. тонн.

Месторождение Жетыгаринское в Жетыгаринском районе Костанайской области. Продуктивная толща представлена светло-серыми и желтыми, пластичными каолиновыми глинами мощностью 9-14 м. Усредненный химический состав глин, %: $Si0_2$ 64,39; $A1_20_3$ 18,29; Fe_20_3 5,9; CaO 0,94; MgO 1,35; Na_20 0,45; K_20 1,0. Содержание каолинита в глинах - 95-98 %. Физико-механические свойства :число пластичности - 13,2-43, температура спекания 1000-1250° С.

Месторождение Берлинское на границе Комсомольского района Костанайской области и Троицкого района Челябинской области. Продуктивная толща представлена горизонтальной пластовой залежью каолиновых глин. Длина залежи 18000 м, ширина 4000-9000 м, мощность 90 м. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 90,04-95,82 ; TiO_2 1,35-15; $A1_20_3$ 23-38,5; Fe_2O_3 2,5-5,5; FeO 0,25-1,19 ; CaO 0,2-1,6 ; MgO 0,05-0,62; K_20 0,61-1,58; п. п. п. 7,89- 12,28. Минеральный состав глин, %: каолинит - 40-70, гидрослюдистые минералы - 5-15, монтмориллонит - 5-15; гетит-гидрогетит- 3-4, тальк - 1-2, кварц 5-32; Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 189019 тыс. тонн.

Месторождение Степное в Келлеровском районе Северо-Казахстанской области. Продуктивная толща представлена светло-серыми, белыми и пестрыми глинами. Месторождение состоит из двух залежей. Обе залежи пластообразные горизонтальные. Северная залежь имеет длину 4700 м, ширину 2500 м, мощность 3,5 м . Юго-Восточная залежь имеет длину 4600 м, ширину 2800

м, мощность 0,5-3,5 м. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 54,13-58,43; TiO_2 0,6-2,45 ; $A1_20_3$ 20,75-36,45; Fe_20_3 0,14-3,0 ; CaO 0,04-0,54; MgO 0,05-0,65; Na_20 0,01-0,62; K_20 0,17-1,36; $S0_3$- следы - 0,07; п. п. п. 8,64-9,73. Физико-механические свойства: число пластичности - 11,6-34,0, огнеупорность - 1600-1710° С. Запасы составляют по категориям С, - 7320 тыс. тонн, C_2 - 25996 тыс. тонн.

Месторождение Березовское в Келлеровском районе Северо- Казахстанской области. Пласт глин - это единая горизонтальная залежь. Мощность пласта 0,3-14,5 м . По содержанию глинозема глины высокоосновные ($A1_20_3$ - 38-45 %) 15,8 %, основные ($A1,0_3$ - 28-38 %) 58,1 %,полукислые ($A1_20_3$- 14-28%) 26%. По огнеупорности глины на 97% огнеупорные (1710°С и более), на 3 % - тугоплавкие. По пластичности - 8 % глин высокопластичные (число пластичности 15-25). В глинах преобладает каолинит, в высокоглиноземистых разностях гиббсит.

Месторождение Танкерисское в Акмолинском районе Акмолинской области. Месторождение является непосредственным продолжением Айзинтомарского месторождения огнеупорных глин. Длина ее 500-1300 м, ширина 450-600 м, мощность 0,5-25 м. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 50,42-72,35; TiO_2 0,4-2,52; $A1_20_3$ 16,95-34,27 ; Fe_20_3 0,24-14,61; CaO 0,1-0,81; MgO 0,1-1,19; Na_20 0,1-0,3; K_20 0,3-2,7; $S0_3$ 0,05-1,33; n. n. n. 4,39-10,75. Физико-механические свойства: объемная масса - 1,9 г/см^3; температура спекания - 1100-1150° С; огнеупорность - 1690-1710° С. Запасы составляют по категориям А+В+С, - 1954 тыс. тонн.

Месторождение Айзинтомарское в Акмолинском районе Акмолинской области. Все залежи имеют линзообразную форму и горизонтальное залегание. Основная залежь включает два рудных тела, длину от 100 до 120м, ширину 8-100м, мощность 1-8,8 м, включает 45 % всех запасов месторождения. Северная залежь того же простирания, длина ее 100-300 м, ширина 160-200 м, мощность 1-8,7 м, включает 35 % всех запасов месторождения. Химический состав глин, %: $Si0_2$ 53,54-70,76; TiO_2 0,37-2,73; $A1_20_3$ 24,02-40,97; Fe_20_3 0,92- 3,24; CaO 0,11-0,62; $S0_3$ 0,11-0,82; п. п. п. 6,8-12,4.Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 9375 тыс. тонн.

Месторождение Ленгерское в Толебийском районе Южно-Казахстанской области. Пластообразная залежь глин имеет длину 570-1050 м, ширину 280-540 м, мощность 8-48 м (средняя 22,9 м). Химический состав глин, %: $Si0_2$ 34,05-69,02; $A1_20_3$ 10,6-26,4; Fe_20_3 1,06- 17,11; CaO 0,11-5,87; MgO 0,39-3,1; Na_20+K_20 1,62-3,43; п. п. п. 7,3- 10,9. Физико-механические свойства глин: огнеупорность 1360-1580 °С, число пластичности 7,3-13,8. Запасы глин составляют по категориям А+В+С, - 8789 тыс. тонн.

Месторождение Союзное в Комсомольском районе Актюбинской области. Кора каолиновая развита по гранитам и сланцам. Полезная толща состоит из гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовой породы, залегающей горизонтально. Длина ее 500-3850 м, ширина 100-1300 м, мощность 1,5-73,5 м. Химический состав, %: а) нормального каолина $Si0_2$ 46,2-56,35; TiO_2 0,1 - 2,05; $A1_20_3$ 29,43 - 37,55; Fe_20_3 среднее 0,55; FeO 0,1; CaO 0,06 - 0,67; MgO 0,03 - 0,36; MnO 0,1; Na_20 0,03-0,2; K_20 0,04 -2,22 ; P_20_5 0,03; $S0_3$ 0,01-0,19; п. п. п. 12,33; б) щелочного каолина $Si0_2$ 48,86-55,93; TiO_2 0,08- 1,3; $A1_20_3$ 29,67-36,47 ; Fe_20_3 0,57; FeO 0,15; CaO 0,03 - 0,49 ; MgO 0,02 - 0,3; MnO 0,1; Na_20 0,03-0,2; K_20 1,64-4,83; P_20_5 0,03; $S0_3$ 0,01-0,09; n. n. n. 10,65. Минеральный состав, %: а) нормального каолина - каолинит 86, мусковит 6,7, кварц 6, прочие 3,5; б) щелочного каолина - каолинит 70,3, калиевый полевой шпат 10, кварц 8,8, прочие 2,5. Физико-механические свойства каолина нормального 25,9- 44,5; огнеупорность - 1660-1770°С; каолина щелочного число пластичности 26,4-33,7; огнеупорность 1690- 1770 °С. Запасы каолин нормальный по категориям А+В+С 36557, по C_2 - 7713; каолин щелочной по категориям А+В+С 9042, C_2 - 1261. Суммарные общие запасы каолина 54563 тыс. тонн.

Месторождение участок Ярославский в Комсомольском районе Актюбинской области. Представлено площадной корой выветривания по гранитам. Выявлено три залежи. Первая имеет длину 2300-2500 м, ширину 650-1200 м, мощность 1,5- 46.3 м, баланс запасовруды 83%. Химический состав каолина, %: а) нормального $Si0_2$ 45,98-52,48; TiO_2 0,1-2; $A1_2O_3$ 34,23-37,03; Fe_20_3 0,11-4,21 ; FeO 0,1, CaO 0,01-0,43 ; MgO 0,02-0,41 ; MnO ; Na_20 0,02-0,36; K_20 0,03-1,81 ; P_20_5 0,03; $S0_3$ 0,01-0,1; п. п. п. 12,8; б) щелочного $Si0_2$ 47,71-56,88; TiO_2 0,01-2,64; $A1_20_3$ 27,96-37,2 ; Fe_20_3 0,35-1,78; FeO 0,15; CaO 0,01-0,3 ; MgO 0,04-0,54; MnO 0,01; Na_20 0,09-0,83; K_20 1,26-4,88; п. п. п. 0,04. Физико-механические свойства: а) каолин нормальный - число пластичности 22,4-44,6 ; огнеупорность 1660-1770°С, б) каолин щелочной - число пластичности 22,5-37,1, огнеупорность 1620-1770°С. Минеральный состав глин, % : каолина нормального - каолинит 90,

кварц 7, мусковит и гидрослюда 2, прочие 1; каолина щелочного - каолинит 72, кварц 7,5, калиевый полевой шпат 14, слюда 2,5. Запасы, утвержденные госбалансом каолина нормального по категориям А+В+С 50616 тыс. тонн, а щелочного 11732 тыс. тонн.

Месторождение Кошенсайское р в Хромтауском районе Актюбинской области. Оно приурочено к коре выветривания гранитного массива. Площадь развития каолинов - 15 км^2. Выход отмученного каолина составляет 29,52-96,8 %. Среднее содержание $A1_20_3$ в обогащенном каолине 27,81 %. Запасы каолина по категории C_2 оцениваются в 150 млн.тонн.

Месторождение Уймшил в Айтекебийском районе Актюбинской области. Месторождение - продукт выветривания гранитоидов. Кора остаточная. Ее мощность от 3 до 60 м. Химический состав каолина, %: $Si0_2$ 67,9; TiO_2 0,38; $A1_20_3$ 19,23; Fe_20_3 0,33; Fe O 2,22; MgO 0,38; CaO 0,07; Na_20 0,4; K_2O2,25; п. п. п. 5,54. Минеральный состав каолиновой руды, % : каолин 41,4, кварц 20, серицит 35,2, кальцит 0,7, гидроокислы железа - 2,2.Запасы первичного каолина 128,5 млн. тонн.

Месторождение Алексеевское в Кокшетауском районе Северо-Казахстанской области. Разведено 18 горизонтальных залежей пластообразной формы. Наиболее крупная - Основная залежь. Ее длина 3500 м, ширина 200-1500 м, мощность 1,1-65,3м. Химический состав каолина, %: $Si0_2$ 43,7-63,3; TiO_2 0,1-1,48 ; $A1_20$, 26,1-39,8 ; Fe_20_3 0,02-9,44 ; CaO до 3,65 ; MgO до 0,9 ; Na_20 0,02-4,1; K_2O 0,05-5,9 ; Na_20+K_20 0,07-10,0 ; SO, до 0,9 ; п. п. п. 11,27-13,63. Физико-механические свойства каолина: огнеупорность - 1700-1730 (1715) °С , число пластичности 3,8-10,4 . Минеральный состав обогащенного каолина, %: каолинит с примесью гидрослюд (5-20 до 40), кварц 3-5, встречается бейделлит. Запасы каолина, составляют по категориям А+В+С 81039, по C_2 – 174261тыс. тонн.

Месторождение Елтайское расположено в Северо-Казахстанской области, в 5 км к северо-западу от поселка Елтай . Продуктивная толща - каолин с примесью полевых шпатов. Выявлены четыре горизонтальные пластообразные залежи каолина, длина 600-3500 , ширина 500 -1500м, мощность от 29,9 до 37,5 м, глубина. Химический состав каолина-сырца, %: SiO_2 70,8; TiO_2 0,3; $A1_20_3$ 18,6; Fe_2O_3 0,35; CaO 0,15; MgO 0,15; Na_2 0 0,2; K_2O 4,3; n. n. n. 5,1. Каолин щелочной. Физико-механические свойства: число пластичности 7-18, огнеупорность 1350°С, белизна 79,9 - 81,4; Минеральный состав, %: глинистая часть представлена каолинитом 90, монтмориллонитом, серицитом от 3-5 до 10-15, микроклином от 2,5 до 5,7, свободным кварцем 3-5, гетитом, магнетитом, лейкоксеном, сфеном, рутилом. Запасы каолина по категориям А+В+С - 68116 тыс. тонн;

Месторождение Жетыгаринское в Жетыгаринском районе Костанайской области. Связано с корой выветривания гранодиоритового массива. Кора выветривания продуктивной толщилинейно-площадная. Глубина каолинизации 59 м. Выявлены две залежи неправильной формы, залегание горизонтальное, длина 1200-3300м, ширина 200-1400 м, мощность 0,7-21 м . Химический состав каолина,%: $Si0_2$ 47,56; TiO_2 0,53; $A1_2O_3$ 34,01; Fe_20_3 1,93; CaO 0,15; MgO 0,32; Na_20 1,16; K_20 2,79; $S0_3$ 0,05; п. п. п. 11,5. Минеральный состав: каолинит 50%, главные минералы-спутники кварц, слюда. Физико-механические свойства каолина: огнеупорность 1680-1730° белизна 58,12- 96,22%. Запасы каолина по категории C_2 - 23716 тыс. тонн.

Месторождение Валентиновское в Кокшетауском районе Северо- Казахстанской области. Выявлено два горизонтальных каолиновых тела линзообразной формы. Длина их 200-2375 м, ширина 50-1700 м, мощность 1-17,7м. Минеральный состав, %: каолинит - 90, кварц - 3, полевой шпат - 3, гидрооксиды железа 2. Химический состав, %: $Si0_2$ 51,48; TiO_2 1,66; $A1_20_3$ 31,88; Fe_2O_3 1,6; CaO 0,67; MgO 0,57; Na_20 0,25; К,0 1,06; SO_3 0,l. Физико-механические свойства: число пластичности 10,5-30,4;огнеупорность 1670-1770° С. Запасы каолина по категории C_2 - 29992 тыс. тонн.

Месторождение Сухоробовская площадь в Володарском районе Северо-Казахстанской области. Выявлено девять горизонтальных линзообразных тел. Длина 500-2500 м , ширина 400-1600 м , мощность 1,5-40 м . Химический состав каолинов, %: $Si0_2$ 55-75,3; $A1_20_3$ 28,6-35,77; Fe_20_3 0,2-1,85; TiO_2 0,45-0,62; K_20 0,6- 6; Na_20 0,27-0,6; п. п. п. 10,05-12,48. Огнеупорность 1730- 1750°С и выше. Запасы каолина по категории C_2 - 61000 тыс. тонн.

Месторождение Шолаксайское в Наурзумском районе Костанайской области. Продуктивный горизонт представлен каолиновой комковатой глиной, реже - слоистой снежно-белой до желтовато-сиреневой с фиолетовыми и розовыми пятнами. Выявлено одно пластообразное слабонаклонное тело субмеридионального простирания с падением на северо-запад. Длина 3250-4750 м, ширина 2500-3100, мощность 2,8-14,2. Химический состав %: $Si0_2$ 80,1; TiO, 1,8; $A1_20_3$ 16,62; Fe_20_3 1,44; п. п. п.

7,37. Физико-механические свойства: число пластичности 2,6- 20,9, температура спекания 1250° С, огнеупорность 1560-1620° С. Прогнозные запасы каолина 162400 тыс. тонн.

Месторождение Сухановское в Майском районе Павлодарской области. Продуктивный горизонт представлен белыми и светло-серыми глинами. Выявлена одна пластовая горизонтальная залежь глин длиной и шириной 1500 м, мощностью 0,5-10,5 м . Химический состав, %: $Si0_2$ 53-81 ; TiO_2 0,19-1,48 ; $A1_20_3$ 16-36,2 ; Fe_20_3 1,3-8,14 ; CaO 0,05-3,66 ; MgO 0,21-0,93 ; Na_20 0,1-2,26 ; K_20 0,2- 6,5; $S0_3$ 0,007-0,82 . Физико-механические свойства: огнеупорность 1610-1750°С, пластичность 9,4- 18,4. Минеральный состав глин, %: каолинит 74-85, гидрослюда 10-12, кварц 7-13, галлуазит 1-2. Глины однородные белые и серовато-белые. Запасы глин составляют по категориям А+В+С - 17538,2 тыс. тонн.

Керамогранит относится к классу керамических материалов, однако особенности производства и внешнего вида, а также высокие эксплуатационные характеристики позволяют говорить о нем, как об отдельной разновидности покрытий. Его можно даже назвать искусственным камнем, поскольку по химическому составу керамогранит очень похож на натуральный камень. По сравнению с керамической плиткой керамический гранит обладает более высокими показателями износостойкости, сопротивления механическим и климатическим воздействиям, морозостойкости, устойчивости к ультрафиолетовым излучениям. Материал обладает чрезвычайно низким водопоглощением, что объясняется его плотной структурой. Керамический гранит не реагирует на воздействие кислот и щелочей, даже в концентрированном виде. Его высочайшая механическая прочность позволяет использовать материал в сложных условиях. Керамогранит препятствует распространению огня [7-12].

По результатам изучения химического и минерального состава, технологических свойств, физико-химических процессов и фазовых превращений при обжиге были проведены исследования по поиску новых по составу компонентов керамогранита - на основе подобранных нами каолинов Союзного месторождения и глин Ленгерского месторождения, кварцевых песков Акжарского месторождения, полевых шпатов Малышевского месторождения.

Для лабораторных технологических экспериментов с использованием вышеуказанных видов минерального сырья путем теоретических расчетов были разработаны 10 состава керамогранитных масс.

Для изготовления керамогранита методом прессования из полусухих порошков применяется шликерная технология подготовки массы.

Глина, каолины и кварцевые пески подвергались сушке из-за высокого естественного влагосодержания. Дозирование компонентов шихты – весовое. Помол производился в лабораторной стержневой мельнице периодического действия, получаемая масса - водная суспензия, частицы которой обладают достаточно мелкой и однородной величиной, чтобы можно было перейти к следующей стадии обработки. Эта суспензия называется шликером. Готовый однородный шликер выливается в посуду, и сушатся в сушильном шкафе температурой 100 ± 10 ^{0}С, шликер должен полностью высушится от влаги. Далее высушенный шликер измельчаем и непосредственно добавляем воду 5-6 % от веса измельченного порошка для последующей формовки. Порошок или же масса прессуется в лабораторном гидравлическом прессе при давлении 400 бар. Лабораторные образцы керамогранита сушатся после формовки в сушильном шкафе до 0,5 % влагосодержания. Обжигались образцы в производственной роликовой печи. Режим обжига подбирался и корректировался в процессе исследования.

До обжига определялись следующие свойства масс керамогранита – предел прочности при изгибе, коэффициент чувствительности к сушке и воздушная усадка, а после обжига - огневая усадка, водопоглощение, кислотостойкость, морозостойкость, предел прочности при изгибе, термостойкость (количество теплосмен).

Образцы обжигались в роликовой печи при 1200 ^{0}С .

Оптимальные составы определяли по средним показаниям при испытании 5 образцов. Критериями для определения приняты главные показатели качества готовой продукции - механическая прочность, водопоглощение и кислотостойкость.

Расчет масс М-1, приведен в таблице 1, где в первой строке приведен химический состав глин в перерасчете на процентный состав.

Таблица 1 - Шихтовые составы масс

Сырье, месторождения	М-1
Глина	37%
Каолин	21%
Полевые шпат	38%
Кварцевый песок	4%
Сумма	100%

Основные свойства образцов керамогранита от оптимальных составов соответствуют требованиям действующего стандарта (таблица 2).

Таблица 2 Основные физико-механические показатели лабораторных образцов керамогранитных плиток

Наименование показателя	Нормируемый показатель	Значения испытуемых обрацов
Предел прочности при изгибе, МПа (кг·с/см^2), не менее	40(400)	38-45
Водопоглощение, %, не более	0,5	0,1-0,3
Морозостойкость, циклов, не менее	100	90-105
Износостойкость (по кварцевому песку), г/см^2 , не более	125	115-130
Поверхностная твердость по шкале Мооса, не менее	6	7-8

Высокие показатели технических свойств синтезированных образцов керамогранита объясняются достижением оптимальных составов минеральных фаз и их соотношений, а также благоприятной структуры материала.

Таким образом, в результате проведенных нами исследований впервые на основе отечественного глинистого сырья синтезирован керамогранит – весьма перспективный импортозамещающий материал.

Библиографический список:

13. Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015 – 2019; утв. 1 авуста 2014 года, № 874.

14. Есимов Б. О, Сейтжанов С. С, Битемиров М.К. Приоритетные строительные материалы и их минерально-сырьевое обеспечение. –Шымкент: Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, 2016. -223с.

15. Суханов А.Е. Сырьевая база керамической промышленности Казахстана. – “вестн. АН Каз ССР. Сер. Геол.”, 1966, № 6, 13-18 с.

16. Самсонов Я.П, Ливщин Ф.И, Устименко П.А. Южный Казахстан – новая полевошпатовая провинция. – в кн. “Химические и горнорудные сырье Казахстана” Алма-Ата, Наука, 1968.-124-134 с.

17. Алехин Ю.А, Дюсенов А.Д, Исмаилов М.А, Сагунов В.Г. – Минерально – сырьевая база строительных материалов Казахской ССР. Казахстан, Алма-Ата, 1973 – 590 с.

18. Кулинич В.В, Сагунов В.Г, Ужкенов Б.С. и др. Справочник “ Месторождения горно – ручного сырья Казахстана” том 1. Алматы, 2000 – 372 с.

19. Будников П.П. Химическая технология керамики и огнеупоров. Учебник. –М.: Стройиздат, 1972. -551с

20. Августиник А.И. Керамика. Изд. 2-е, перераб. и доп. -Л.: Стройиздат, 1975. -592 с.

21. Мороз И.И., Сивчикова М.Г. Справочник по фарфоро-фаянсовой промышленности. - М.: Легкая индустрия, 1976. Т.1. -296с.

22. Химическая технология керамики / Под ред. проф. И.Я.Гузмана. –М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. -496с.

23. Сулименко, Л.М. Общая технология силикатов. - М.: ИНФРА, 2010. – 336 с.

24. Балкевич, В.Л. Техническая керамика. -М.: Стройиздат, 2010. – 256 с.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2018