



ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ
в электромагнитном поле

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АППАРАТА ЭМАКС

Разработан новый комплексный подход к обработке материалов, который может быть использован в различных отраслях промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве. В основе технологии лежит взаимодействие обрабатываемого материала с внешним переменным электромагнитным полем и механическим воздействием рабочих тел с постоянными магнитными полями в электромагнитном аппарате с магнитокипящим слоем (ЭМАКС).

Под воздействием внешнего переменного поля рабочие тела соударяясь друг о друга, приобретают хаотическое, броуновское движение кипения, т.е. образуют магнитокипящий слой. Каждое рабочее тело с постоянными магнитными полями имеет собственный вектор намагничивания и магнитный крутящий момент, а также имеют южный и северный полюс.

Взаимодействие обрабатываемого материала с внешним переменным электромагнитным полем и механическим воздействием рабочих тел с постоянными магнитными полями приводит к электромагнитной и механической активации, а также диспергирование материалов.

В результате электромагнитной и механической активации обрабатываемых материалов происходит радиолиз воды. Вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, характеризующееся аномальными значениями физико-химических параметров, в том числе окислительно-восстановительного потенциала, связанного с возбуждением электронной подсистемы атомов воды, электропроводности, pH и других параметров и свойств, приводящее к появлению и формированию новых пространственно-временных коагуляционных структур.



Аппарат ЭМАКС с
магнитокипящим слоем для
измельчения материалов



Рабочие тела – постоянные
магниты (гранулы
сферической формы) для
обработки материалов

КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ АППАРАТА МКС

Конструкция электромагнитного аппарата с магнитокипящим слоем (ЭМАКС) состоит из **корпуса**, представляющего собой установленные друг на друга электромагнитные индукторы, являющиеся генераторами переменного электромагнитного поля. Во внутреннем объеме корпуса расположена **рабочая камера**, изготавливаемая из металла или из диамагнитных композитных материалов. Рабочая камера заполняется, от 50 до 80 % от её объёма, ферромагнитными **рабочими телами** с постоянными магнитными полями, имеющие два полюса. Рабочие тела представляют собой постоянные магниты сферической формы и могут быть диаметром от 1 до 15 мм.

Диаметр рабочих тел и объем заполнения ими рабочей камеры зависит от обрабатываемого материала, поставленной задачи для получения конкретного результата.

Аппарат ЭМАКС в собранном виде крепится на раме, которая может быть исполнена как с вертикальным так и с горизонтальным расположением корпуса-индукторов, а может представлять собой трансформер с механическим или электрическим приводом изменения угла наклона расположения рабочей камеры, от **горизонтального** до **вертикального**.



Аппарат ЭМАКС-50

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТА ЭМАКС

- **тонкого** (около 2-6 мкм) и **сверхтонкого** (от 0,06 мкм и менее) **измельчения**, например, пигментов, грунтов, полимерных материалов (порошков), смол, сажи, угля, золы, цементов, керамических материалов (глинозем, нитрид алюминия, и т. п.), магнитных материалов, стекла, глины, графитов, металлов и т. п., как сухим, так и мокрым способами;
- **диспергирования в жидкой фазе** красок, грунтов, водоземulsionных красок (повышается укрывистость и прочность красок и эмульсий на поверхности при сравнении с традиционными диспергаторами);
- **обезвреживание галогеноорганики** при обычной температуре, обычном давлении, без катализаторов и получение нетоксичных продуктов реакции;
- **активации лежалых цементов**, потерявших свою активность, с целью восстановления исходной марки, а также ее повышения;
- **получения вяжущих** из доменных шлаков с прочностью бетонных изделий 150 МПа;
- **гомогенизации любых сыпучих материалов и жидкостей**;
- **гомогенизации мазута с водой** в любых отношениях, смесь не расслаивается многие годы;
- **гомогенизации угля** с водой с целью получения топлива;

- **фильтрации жидкостей** с целью очистки от взвешенных частиц (лаков, красок, растворителей и т. д.);
- **регенерации растворителей**, загрязненных полиграфической краской, при нормальной температуре и нормальном давлении;
- **очистки сточных вод** от растворенных органических и неорганических веществ, взвесей, тяжелых металлов;
- **извлечения металлов** из руд, шлаков, зол и отвалов;
- **получения магнитных материалов** из исходных оксидов с использованием аппарата ЭМАКС на всех стадиях подготовки исходных компонентов (измельчения, смешивания шихты), а также процесс самоизмельчения в ЭМАКС гранулированной ферритизированной массы для получения **высокодисперсных магнитных порошков**.

Области применения аппарата с магнитокипящим слоем возможно продолжить:

Например, применение аппарата в биосинтезе, в медицине, в парфюмерной промышленности, производстве кремов, косметических средств и т. д. и т. п. При использовании ЭМАКС для производства бетонных изделий (плиток, колонн, стеновых панелей) были получены строительные изделия с декором под мрамор и гранит с зеркальной или матовой поверхностью, которые не требуют после этого ухода (штукатурки, краски и т. п.) Причем, в изделиях нет пустот и прочих дефектов структуры, что увеличивает их прочность.

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА АППАРАТА ЭМАКС

- ❑ **Энергоэффективность** – исключаются затраты электроэнергии на передаточных звеньях (валах, редукторах, муфтах и т.д.) от источника питания к электромагнитному аппарату, т.е. электроэнергия в ЭМАКС непосредственно превращается в механическую энергию движения магнитных гранул (рабочих тел), направленную на измельчение материала;
- ❑ **Энерго- и ресурсосбережение** – по сравнению с традиционными технологиями металлоемкость и масса ЭМАКС меньше, удельная производительность во много раз выше, а удельные энергетические затраты всегда ниже, кроме того шум во время работы минимальный;
- ❑ **Условия протекания технологических процессов** – при температуре окружающей среды, нормальном давлении и без использования катализаторов;
- ❑ **Скорость обработки** – период пребывания обрабатываемого материала в рабочей камере, вследствие высокой электронапряженности ЭМАКС, составляет **от нескольких секунд до 15 минут** в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала;
- ❑ **Глубина помола** – тонкое (около 2-6 мкм) и сверхтонкое (от 0,06 мкм и менее) измельчение материалов, как сухим, так и мокрым способами;
- ❑ **Рабочая среда обработки** – возможно как «сухим», так и «мокрым» методами, возможно совмещение обоих методов;
- ❑ **Процесс обработки** – может идти как в периодическом, так и в непрерывном режиме;
- ❑ **Легко масштабируется** – просты в изготовлении, процессы, отработанные на лабораторных установках процессы переносятся на промышленные аппараты со 100% точностью;

- **Универсальность конструкции** – может быть скомпонован, как в горизонтальном, так и в вертикальном исполнении, а может представлять собой трансформер с изменяемым углом расположения рабочей камеры от горизонтального до вертикального;
- **Отсутствие капитальных затрат на подготовку** – не требуют специального фундамента для их установки, отдельных линий электроэнергии и т.п.;
- **Мобильность** – имеют небольшие габариты, занимают незначительные площади, возможность установки аппарата комплекса в уже действующую технологическую цепочку;
- **Монтаж и обслуживание** – отличается безопасностью и простотой монтажа и обслуживания;
- **Экономичность в эксплуатации** – исключаются финансовые затраты на ремонт передаточных звеньях (валах, редукторах, муфтах и т.д.) и другие подвижные детали/механизмы из-за их отсутствия;
- **Легко встраиваемые** – аппараты **ЭМАКС** могут встраиваться в уже действующие производства.

На сегодняшний день разработаны электромагнитные аппараты с емкостью рабочей камеры от 1 до 500 литров, которые могут работать, как в непрерывном, так и периодическом режимах.

Производительность ЭМАКС от десятков килограмм до десятков тонн в час.

ПРОРАБОТАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОТОВЫЕ К ВНЕДРЕНИЮ

1. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аппараты ЭМАКС могут быть использованы для тонкого и сверхтонкого измельчения таких материалов, как цементы, пигменты, грунты, полимерные материалы (порошки), смолы, сажи, угли, золы, керамических материалы (глинозем, нитрид алюминия и т.п.), магнитные материалы, стекло, глины, графиты, металлы и т.п., как сухим, так и мокрым способами;

В ЭМАКС проводили измельчение угля от размера исходных частиц 1 мм до размера 1 мкм и менее. Длительность процесса помола угля составляет от 15 сек до 3 мин., в зависимости от их крупности.

Отработана технология тонкого и сверхтонкого измельчения цемента, гипса, их смесей, при этом существенно повышается прочность готовых изделий по сравнению с применением традиционного оборудования.

Проведено диспергирование портландцемента, магнезимального и глиноземного цемента до размеров частиц субнано- и нано- диапазонов в интенсивных электромагнитных полях и изучено влияние измельчения и активации частиц на свойства получаемых материалов.

Отработана технология сверхтонкого измельчения кальцита.

Проведено измельчение фенольных и полиэфирных смол. Измельчали фенольную смолу до размеров частиц 20-30 мкм. Требуемая тонкость помола в ЭМАКС была достигнута за 1 мин. измельчения.

Измельчение полиэфирной смолы до частиц 15-30 мкм в шаровой мельнице емкостью рабочей камеры 1 м³ производится в течение 1 недели. В аппарате ЭМАКС до размеров частиц 15-30 мкм измельчали в течении 1 мин.

1.1. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЦЕМЕНТОВ И ВЯЖУЩИХ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Сверхтонкое измельчение и активация цементов в высокоинтенсивных магнитных полях не только резко увеличивают удельную поверхность и вызывают переход активных частиц из объема цементного вяжущего на поверхность, но и генерируют частицы свободно-радикального типа и возбуждают электронную подсистему атомов.

В результате происходит трансформация практически всех химических и физико-химических процессов, протекающих как при затворении цементной массы, так и при отверждении: процессов растворения, гидратации частиц, формирования коагуляционных новообразований, образования зародышей кристаллизации, процессов межфазовых взаимодействий. Обработка в электромагнитных полях резко изменяет кинетику процессов, последовательность и полноту протекания многих из них, а также провоцирует процессы, которые не могут осуществляться без участия частиц возникающих при электромагнитном измельчении и активации.

Сверхтонкое диспергирование и активация частиц портландцемента или магнезиального цемента вызывают, прежде всего, более полное их взаимодействие в затворенной массе, ускорение процесса отверждения и увеличение прочности полученного материала.

Присутствие высокоактивных частиц резко усиливает хемосорбционные процессы, повышает скорость гидратации и полноту образования гидросиликатов кальция (портландцементная основа). Тонкодисперсные частицы размерами субнано- и нанодиапазонов уплотняют цементный камень, резко снижают микропористость, заполняют капиллярные каналы, обеспечивая тем самым низкую водопроницаемость и высокую морозостойкость получаемого материала.

Результаты исследований показали, что путем дополнительной электромагнитной обработкой цементов можно практически в 2 раза повысить марку материала:

М-350 в М-700, М-500 в М-1000 при одновременном увеличении их гидроизоляционных и морозостойких свойств. Это открывает новые возможности получения строительных материалов специального назначения (подземное строительство, строительство гидротехнических сооружений, строительство сооружений методом **3D печати**, строительство аэродромов и т.д.) с повышенными физико-механическими, водо- и морозоустойчивыми свойствами путем дополнительной электромагнитной обработки высокомарочных цементов. В строительных работах открывается также возможность значительно снижать расход цементного вяжущего.

Проведены испытания по измельчению цемента в аппарате непрерывного действия ЭМАКС. Был использован белый Белгородский цемент М300 с исходной дисперсностью 3400 см²/г, который обрабатывали в непрерывном режиме.

Дисперсность полученного в аппарате ЭМАКС цемента выбиралась в диапазоне от 4 500 см²/г до 10 300 см²/г, в зависимости от технологических параметров.

Для проведения физико-механических испытаний обработанного цемента были изготовлены кубы и испытаны на прочность.



Аппарат ЭМАКС вертикального типа непрерывного действия для измельчения различных материалов

Прочность кубов при домоле в ЭМАКС, на 7-е сутки при нормальном твердении увеличилась на 35%, а на 28-е сутки – почти 1,7 раза по сравнению с исходным цементом. При этом экономия цемента на 1м³ смеси на домолотом в ЭМАКС цементе составила 50 кг.

Были проведены аналогичные испытания на цементе завода Гигант марки 300 с исходной удельной поверхностью 2 800 см²/г. Измельчение цемента проводили в непрерывном режиме. Удельная поверхность домолотого в ЭМАКС цемента была от 3000 см²/г до 4800 см²/г, при этом производительность ЭМАКС составляла от 1000 кг/час до 3000 кг/час.

В таблице 1. представлены физико-механические свойства цементно-песчаного бетона, изготовленного из исходного цемента и домолотого в ЭМАКС.

Таблица 1 Физико-механические свойства цементно-песчаного бетона, изготовленного из исходного цемента и домолотого в аппарате ЭМАКС

Удельная поверхность цемента, см ² /г		Расход материала на 1 м ³ бетона, кг				Добавка СДБ, %	Прочность на сжатие, кгс/см ²	
Исходный	Домолотый	Исходный цемент	Домолотый цемент	Песок	Вода		1-е сутки	28-е сутки
2800	-	540	-	1690	180	0,1	250	340
-	3000	-	490	1710	190	0,1	244	332
-	3700	-	490	1710	190	0,1	310	432
-	4300	-	490	1710	190	0,1	344	498
-	4800	-	490	1710	190	0,1	370	590

Из таблицы 1 видно, что увеличение удельной поверхности от 4300 до 4800 см²/г значительно повышает активность бетона, что в свою очередь способствует получению цементно-песчаного бетона с заданной прочностью (М-500).

Установлено, что при домоле цемента в ЭМАКС был получен цемент с преобладанием тонкодисперсных фракций с размером частиц от 5 до 20 мкм, а фракции с частицами 60-80 мкм и более отсутствовали. При измельчении цемента в ЭМАКС до удельной поверхности около 6000 см²/г фракция 4-6 мкм была преобладающей и составляла около 48 %, а частицы с размером более 18 мкм отсутствовали. Установлено, что при домоле цемента в электромагнитном аппарате ЭМАКС был получен цемент с преобладанием тонкодисперсных фракций с размером частиц от 5 до 20 мкм, а фракции с частицами 60-80 мкм и более отсутствовали. При измельчении цемента в ЭМАКС до удельной поверхности около 6000 см²/г фракция 4-6 мкм была преобладающей и составляла около 48 %, а частицы с размером более 18 мкм отсутствовали.

1.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ФОРМОВКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ БЕТОНА

В аппарате с магнитокипящим слоем ЭМАКС были отработаны технологии по электромагнитной формовке бетонных изделий.

В ЭМАКС возможно формировать бетонные изделия как с выпуклыми, так и вогнутыми рисунками, т.е. различной архитектурной формы.

Возможно изготавливать а также различные колонны безарматурные и с арматурой. Причём, колонны можно формировать из жёстких бетонов, где водоцементное отношение 0,2-0,3, а это значит, что чем меньше воды в бетоне, тем устойчивее изделие при перепаде температур зима-лето.

Возможно изготавливать изделия с зеркальной поверхностью или матовой в зависимости от требований заказчика.

По технологиям используемым в настоящее время бетонные здания облицуют керамической плиткой. Крепится плитка к бетонной поверхности спецклеями. Но из-за разности физических свойств у керамической плитки к бетону плохая адгезия, поэтому мы часто наблюдаем, что керамическая плитка отваливается. В то же время спецклеи особенно по сравнению с бетоном очень дорогостоящий материал.

При облицовке бетонных зданий плиткой из бетона изготовленной в ЭМАКС, для ее крепления используют бетонный раствор. При креплении бетона на бетон будет очень сильная адгезия и такая плитка ни когда не отвалится.

Плитки из бетона сформованные в аппарат ЭМАКС



2. Комплексная переработка и извлечение металлов из руд и техногенных отходов

Разработана принципиально новая и экологически чистая технология комплексной переработки руд и техногенных отходов, и извлечения из них ценных компонентов, основанная на электромагнитной обработке материалов в аппарате с магнитокипящим слоем (ЭМАКС).

Извлечение ценных компонентов в ЭМАКС проходит при температуре окружающей среды, обычном давлении и без использования катализаторов.

Технология извлечения полезных компонентов состоит из двух стадий:

- на первой стадии производят тонкое доизмельчение в аппарате ЭМАКС;
- на второй стадии извлечение полезных компонентов в аппарате ЭМАКС.

Были проведены экспериментальные исследования:

1. Извлечение редких и редкоземельных металлов из ЗШО ТЭЦ

Тонкоизмельченный концентрат золошлаковых отходов ТЭЦ (ЗШО), содержащий около 18 кг/т редкоземельных элементов, поступает в ЭМАКС для измельчения до наноразмера частиц и не более 5 мкм. После измельчения концентрат поступает в ЭМАКС для извлечения редкоземельных элементов (**РЗЭ**). Извлечение РЗЭ происходит в раствор за время не более 3 мин. обработки в ЭМАКС. В результате извлечения РЗЭ из ЗШО, получаем два продукта, а именно концентрат раствора, содержащий РЗЭ и осадок. Дальнейшее извлечение цветных металлов и РЗЭ из раствора возможно осуществить с применением электрохимических способов.

Химический и рентгенофазовый анализ ЗШО после обработки в ЭМАКС показали, что цветные и редкоземельные металлы полностью перешли в раствор, а на фильтре осталась твердая фаза, состоящая в основном из оксидов алюминия, кальция, кремния которые могут быть использованы для получения строительных материалов.

Причем, при использовании аппарата ЭМАКС для получения вяжущего из доменного шлака, был получен бетон с прочностью на сжатие 150 мПа.

При активации в ЭМАКС смеси цемента со шлаком была получена прочность бетона без спецдобавок на 30% выше, чем при использовании традиционного оборудования.

При активации смеси цемента с песком в ЭМАКС был получен бетон без использования спецдобавок с прочностью на сжатие в 2,5 раза выше, чем при использовании традиционного оборудования.

2. Извлечение Ванадия из ванадийсодержащих отходов

На первой стадии предварительно измельченная ванадийсодержащая руда или отходы подаются в ЭМАКС где производится активация и тонкое доизмельчение.

На второй стадии производится извлечение ванадия. Извлечение ванадия происходит в раствор, время обработки в ЭМАКС не более 3 мин.

В результате извлечения ванадия из отходов, получаем концентрат раствора содержащий ванадий и осадок состоящая в основном из оксидов алюминия, кальция, кремния.

После перевода в раствор ванадия дальнейшее его извлечение из раствора осуществляется с применением электрохимических способов. А осадок состоящий в основном из оксидов алюминия, кальция, кремния может быть использован как сырье для получения строительных материалов. При использовании ЭМАКС для извлечения ванадия из ванадийсодержащих отходов технология извлечения становится рентабельной и безопасной для окружающей среды.

Технологические процессы обработки материалов происходят при обычной температуре, нормальном давлении и без использования катализаторов.

3. Удаление урана (тория) из цирконового минерала

Основная область использования циркона – керамика, где он находит применение для производства трех групп изделий: керамических и фарфоровых изразцов, неглазурованной фарфоровой плитки, сантехники и посуды. Важной проблемой, осложняющей процесс производства и переработки цирконийсодержащих концентратов, является относительно высокое содержание в них природных радионуклидов, прежде всего, атомов урана и тория.

Была проработана технология дезактивации циркона в электромагнитном поле.

Брали исходный циркон, содержащий уран и имеющий радиоактивность 42 зиверта (Зв). Для извлечения урана предварительно циркон измельчали в ЭМАКС в течение 5 мин. до среднего размера частиц 5-6 мкм.

Далее проводили извлечение урана, измельченный исходный материал смешивали с разбавленной серной кислотой и обрабатывали в ЭМАКС в течение 5 мин. После обработки полученный раствор разделяли на жидкую и твердую фазу. Жидкая фаза имела жёлтый цвет, а твердая фаза – осадок на фильтре был розово-бежевого цвета.

После извлечения урана из цирконового сырья, измеряли радиационный фон циркона, показания дозиметра составили 5 Зв, что соответствует радиации Земли.

Химический и рентгенофазовый анализ остатка на фильтре показал отсутствие урана.

4. Измельчение минерального сырья и извлечение драгметаллов

Проведены исследования минерального состава проб различных золоторудных месторождений, отвалов медно-никелевых месторождений и отвалов меднорудного месторождения, в том числе минеральных форм этих проб содержащих драгоценные металлы и элементы платиновой группы (ЭПГ) и др. Исследования минерального состава проб проводились до и после сверхтонкого измельчения в ЭМАКС, для определения возможности извлечения драгоценных металлов в том

числе золота и ЭПГ, находящихся в виде тонких вкраплений в рудообразующие минералы.

Были отработаны процессы сверхтонкого измельчения пород до первых наноразмеров (4 мкм и менее) в ЭМАКС, как «сухим», так и «мокрым» способами. В процессе «мокрого» измельчения частиц были выявлены различные физико-химические реакции, такие как: окислительно-восстановительные, кавитационные процессы, электролиз и пр.

В результате сверхтонкого измельчения пород до первых наноразмеров, как «сухим», так и в «мокрым» способами, вскрываются ранее не определяемые оптическими приборами тонковкрапленные драгоценные металлы и ЭПГ. И эта «добавочная» часть металлов из-за невозможности проникновения цианидов и бактерий внутрь как очень крупных частиц, так и мельчайших частиц (кеков) исходной руды не извлекаются ни какими традиционными технологиями, а уж тем более ЭПГ (т.к. цианиды платиноидов в водных растворах цианидов нерастворимы). Поэтому, эти наноразмерные драгоценные металлы, а, особенно – ЭПГ, в составе отработанной пульпы попадают в хвостохранилища.

Экспериментально было выявлено, что при активации образцов различных месторождений в ЭМАКС, «сухой» и «мокрый» методы по разному влияют на одни и те же образцы материалов, и в них протекают разные процессы. Так в каких-то материалах образуются новые кристаллические фазы при «сухой» активации, а в каких-то при «мокрой». На основании этого предлагаем совместить оба процесса, тем более при «мокрой» активации многие металлы переходят в раствор и могут быть извлечены электрохимическим способом.

Заключение ко 2-му разделу

1. Экспериментальными исследованиями процессов извлечения цветных и редких металлов из руд и различных отходов определены оптимальные физико-химические условия на основании которых разработана инновационная технология комплексной переработки и извлечения цветных и редких металлов.

2. Комплексная переработка и извлечение металлов из руд и техногенных отходов с использованием аппарата ЭМАКС в качестве реактора позволяет в разы удешевить этот процесс, значительно уменьшить материальные и энергетические затраты, обеспечить более экологически чистое и безопасное получение конечной продукции по сравнению с существующими способами, на основании всего этого процесс извлечения металлов становится экономически рентабельным.

3. Извлечение металлов в аппарате ЭМАКС из руд и техногенных отходов возможно двумя методами:

- Перевод металлов в раствор с использованием кислот (как вариант электролит отработанных аккумуляторных батарей) или щелочей.
- Извлечение цветных, редких, драгоценных металлов и ЭПГ без использования кислот и щелочей.

Нами получены положительные результаты перевода в раствор водяной пульпы золота и ЭПГ при сверхтонком измельчении руд и отходов «мокрым» методом, без использования кислот и щелочей, при обычной температуре, нормальном давлении и без использования катализаторов.

4. Из раствора металлы возможно извлекать электрохимическим методом.

5. Осадок оставшийся после извлечения металлов, состоящий в основном из оксидов алюминия, кальция, кремния может быть использован как сырье для получения строительных материалов.

3. ОБРАБОТКА СТОЧНЫХ ВОД В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Разработан новый комплексный подход к очистке сточных вод от органических и неорганических веществ, а также взвешенных частиц, который может быть использован в различных отраслях промышленности, коммунальном и сельском хозяйстве. В основе технологии лежит взаимодействие сточных вод, представляющие собой дисперсные системы с внешним переменным электромагнитным полем и механическим воздействием рабочих тел с постоянными магнитными полями (рабочие тела) электромагнитного аппарата с магнитокипящим слоем (ЭМАКС).

Взаимодействие дисперсных систем сточных вод с внешним переменным электромагнитным полем и механическим воздействием рабочих тел с постоянными магнитными полями приводит к электромагнитной и механической активации воды.

Электромагнитная и механическая активация воды приводит к изменениям физико-химических и структурных свойств воды, к разрушению трудноокисляемых органических веществ и переводить их в легкоокисляемые соединения, что инициирует обеззараживания воды и осаждение загрязнителей в виде растворенных органических и неорганических веществ, взвесей, тяжелых металлов перешедших из объема жидкости в гидроокись (соли), образуя осадок в объеме жидкости.

В процессе обработки сточных вод в ЭМАКС происходит трение и соударение магнитных рабочих тел, в результате этого образуются магнитные наночастицы, на поверхность которых за счет их развитой адсорбирующей поверхности происходит адсорбция образовавшихся загрязнителей, образуя мелкодисперсный шлам.

Мелкодисперсный шлам выносится водой из рабочей камеры и поступает в гидроциклон, где происходит отделение основной массы мелкодисперсного шлама от очищенной воды. Шлам собирается автоматически в бункер-накопитель, а вода поступает в двухсекционный электромагнитный фильтр.

В режиме фильтрации двухсекционный электромагнитный фильтр отключен от напряжения.

В электромагнитном фильтре происходит доочистка воды от остатков загрязнений. Очищаемая вода проходит через две секции фильтра. При прохождении воды через первую секцию, происходит осаждение на поверхности магнитных гранул остатков массы мелкодисперсного шлама, не отделенного в гидроциклоне.

При прохождении воды через вторую секцию, за счет развитой адсорбирующей поверхности магнитного порошка, происходит адсорбция органических веществ, нефтепродуктов, а также осаждение остатков мелкокристаллического шлама. Слой магнитного порошка обеспечивает полное удаление из сточных вод взвешенных частиц и осевшего шлама неорганических солей.

Адгезия загрязняющих частиц к поверхности магнитных тел и магнитного порошка фильтра постепенно приводит к снижению скорости фильтрования. По мере накопления загрязнений на фильтрующем материале (определяется по увеличению перепада давления на входе и выходе фильтра), производится регенерация фильтра. На индуктор подается напряжение, а в рабочую камеру фильтра обратным током подается чистая вода.

При подаче напряжения магнитные гранулы и магнитный порошок, каждый в своей секции, приобретают хаотическое движение, образуя магнитокипящий слой, сбрасывая со своей поверхности накопившиеся загрязнения, которые собираются автоматически в бункер-накопитель.

После регенерации подачу воды и напряжения отключают, магнитные гранулы и магнитный порошок снова приобретают состояние покоя. Вода после промывания фильтра возвращается на очистку в аппарат ЭМАКС, а затем повторно используется для регенерации фильтра или используется для технологических нужд предприятия.



**Лабораторный аппарат ЭМАКС и
электромагнитный фильтр** предназначенные
для отработки технологий по очистке сточных вод

3.1 ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Был проработан алгоритм выбора способа утилизации осадков станций водоочистки и водоподготовки для получения максимального экологического и экономического эффекта.

В аппарате ЭМАКС были обработаны илы очистных сооружений МО. Брали илы после фильтра в виде густой пасты, иловые смеси из аэротенка, активные уплотнённые илы, для получения текучей суспензии добавляли воду.

Время обработки было от 1 мин. до 5 мин.

Целью обработки являлось уменьшение количества растворённой органики, тяжёлых металлов и получение нетоксичного продукта. В процессе обработки илов в ЭМАКС были решены следующие задачи: уничтожение патогенной бак флоры; разложение ядов, высокотоксичных соединений; многократное ускорение разделения жидкой и твердой фаз; выделение тяжелых металлов и железа.

Были проработаны технологические процессы получения почвогрунта и органического удобрения. Обезвоженный осадок станций водоподготовки является компонентом, не только содержащим питательные элементы для растений, но и создающим в почвогрунте оптимальные условия по кислотности, а также по формированию почвенной структуры и оптимальным влагоудерживающим свойствам.

Была разработана инновационная технология по производству пеностеклогранулята с использованием водопроводного осадка и стеклобоя.

Пеностеклогранулят – теплоизоляционный материал, который можно применять как при жилищном строительстве, так и для промышленной теплоизоляции. Его отличительными особенностями являются конструкционная устойчивость, износоустойчивость, способность выдерживать широкий спектр температур, негорючесть, возможность использования в агрессивных средах, экологическая безопасность. Объем добавляемого водопроводного осадка составлял до 20% по объему.



Пеностеклогранулят из стеклобоя и
водопроводного осадка

4. РЕГЕНЕРАЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

На основании полученных результатов исследований предлагается инновационный способ регенерации старого асфальтобетона для уменьшения себестоимости вновь изготавливаемого асфальтобетона за счет использования регенерированных компонентов, с улучшенными физико-механическими свойствами, выделенных при переработке старого асфальтобетона в ЭМАКС.

В результате истирания магнитными рабочими телами поверхности частиц старого асфальтобетона происходит разделение агрегатов на мелкие составляющие и перемещение большей части битума (80-90%) в мелкодисперсную часть, адсорбируясь на поверхности минерального порошка, образуя мелкие частицы битумоминеральной смеси, что обеспечивает восстановление удельной поверхности составляющих асфальтобетонную смесь материалов. В результате перераспределения битума, измельчения асфальтовых гранул и последующего рассева материалов образуются исходные составляющие асфальтобетона: щебень, песок, активированный битумом минеральный порошок – битумоминеральная смесь (БМС), которая может быть использована как минеральный компонент вместо минерального порошка. Гранулометрический состав БМС приближается к гранулометрическому составу минерального порошка (все частицы мельче 1,25 мм. Полученные материалы могут быть использованы как составляющие для приготовления нового асфальтобетона, при этом количество нового битума, добавляемая при производстве асфальтобетона уменьшается пропорционально количеству битума содержащего в битумоминеральной смеси полученного из старого асфальтобетона.

Преимущество предлагаемой технологии:

1) Возможность использования уже имеющиеся асфальтосмесительные установки, проводя их незначительную модернизацию и дооснащение дополнительными узлами и агрегатами;

2) Возможность использования упрощенных асфальтосмесительных мобильных установок, а также установок контейнерного типа, которые могут быть расположены в непосредственной близости к объекту, на котором выполняются большие объемы по фрезерованию покрытий;

3) Возможность перерабатывать весь отфрезерованный старый асфальтобетон или иные материалы, полученные из старой дорожной одежды для приготовления новых асфальтобетонных смесей;

4) Активированная и тонко измельченная в ЭМАКС битумоминеральная смесь при её добавлении в новый асфальтобетон повышает его предел прочности, увеличивает однородность гранулята за счет лучшего перемешивания компонентов в асфальтосмесительных установках;

5) При полной или частичной замене минерального порошка в составе новой асфальтобетонной смеси на битумоминеральную смесь полученную в ЭМАКС из старого асфальтобетона получаем экономический эффект поскольку битум и минеральный порошок, наиболее дорогостоящие компоненты асфальтобетонной смеси.

Все это приводит к экономии энергетических и материальных ресурсов и как итог уменьшение себестоимости при производстве новых асфальтобетонных смесей, также позволяет снизить негативную нагрузку на окружающую среду.

5. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Особенностью отходов гальванических производств является высокое содержание тяжёлых металлов, проявляющих хромофорные свойства. Благодаря хромофорным элементам одним из перспективных направлений переработки гальванических шламов является их использование в качестве вторичных материальных ресурсов для синтеза неорганических пигментов.

Разработана технология электромагнитной переработки гальваношламов, хромовых, никелевых и медных осадков, химических неликвидов в аппарате ЭМАКС при производстве керамических высокотемпературных пигментов коричневой, зеленой, голубой, черной, сиреневой, бежевой гаммы цветов.

Получен сертификат на пигменты.

Нами проработаны следующие технологии получения пигментов в аппарате ЭМАКС:

Переработка **Cr**-содержащих гальванических шламов с получением солевых хромовых пигментов зелёного цвета;

Переработка **Cr**-содержащих гальванических шламов с получением керамических зелёных пигментов;

Переработка **Ni**-содержащих гальванических шламов с получением пигментов как керамических, так и солевых от зелёного до черного цветов.

Переработка **Cu**-содержащих гальванических шламов с получением пигментов голубых цветов.

6. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ГАЛОГЕНОРГАНИКИ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ранее нами было установлено, что в электромагнитном поле ЭМАКС происходит активация вещества. Это было установлено при синтезе веществ в твердофазных реакциях: при получении магнитов и пигментов из гальваношламов, обрабатывая их, а именно, смешивая и измельчая в ЭМАКС исходные компоненты. При этом время синтеза при конечной температуре уменьшилось в 5-20 раз.

Для решения проблем по обезвреживанию галогенорганических соединений мы предлагаем двухстадийный метод обезвреживания и уничтожения галогенорганических соединений в электромагнитном поле.

На первой стадии происходит химическая трансформация галогенорганических соединений в аппарате ЭМАКС и получение нетоксичных продуктов реакции, а на второй – непосредственное уничтожение нетоксичных продуктов реакции методом огневого сжигания в обычной доменной печи.

Нами произведена технологическая проработка обезвреживания на лабораторном аппарате ЭМАКС периодического режима действия хлор- и фторорганических отходов и их смесей **при температуре окружающей среды, нормальном давлении без использования катализаторов** и получение нетоксичных продуктов реакции.

В рабочей камере ЭМАКС осуществляется, на наш взгляд, активация галогенорганики на электронном уровне, в результате чего происходит ослабление связей C-Cl или C-F при обезвреживании хлор-, фторорганических соединений и образование нетоксичных продуктов реакции, например, хлорида натрия, фторида натрия, солей органических кислот, гликолей, воды, углекислого газа и т.д.

По завершению обезвреживания галогенорганических материалов проводили анализ обезвреженных галогенорганики методом газожидкостной хроматографии, кроме этого, контроль наличия галогенорганики в пробах проводили при помощи индикаторных трубок, определяющих содержание органических примесей хлора и фтора, в том числе и их следов на электрохимическом многокомпонентном газоанализаторе.

По обезвреживанию галогенорганических отходов в ЭМАКС было проведено свыше 50 экспериментов.

Для этой цели использовали хлороформ (CHCl_3), трихлорэтилен (C_2HCl_3), фреон-113 ($\text{CF}_2\text{ClCFCl}_2$), четыреххлористый углерод (CCl_4) и их смеси.

Выводы

В результате произведенной технологической проработки установлено, что в отличие от традиционных технологий, где реакция нейтрализации галогенорганических веществ и их смесей происходит при высокой температуре, повышенном давлении и в присутствии катализаторов, в электромагнитном аппарате ЭМАКС происходит обезвреживание хлор-, фторорганических отходов при обычной температуре, нормальном давлении и без катализаторов, и получение при этом нетоксичных продуктов реакции, а именно, хлорида натрия, фторида натрия, углекислого газа, воды, натриевые соли органических кислот, которые не содержат хлора и фтора. Полученные нетоксичные вещества возможно уничтожить методом огневого сжигания в обычной доменной печи, без использования многоступенчатой системы очистки дымовых газов, т.к. диоксины и фураны при сжигании данных нетоксичных веществ не образуются или использовать для производства полезных продуктов применяемых в различных отраслях промышленности.

7. ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОМАЗУТНЫХ ТОПЛИВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Предлагаемая технология обработки в электромагнитном аппарате ЭМАКС как стандартных, так и некондиционных мазутов, смешивания мазута с водой и получения мелкодисперсных гомогенизированных рабочих топочных эмульсий – водомазутного топлива (ВМТ), приводящего к улучшению энергетических и экологических характеристик технологического оборудования и экономии топлива.

Аппарат ЭМАКС для приготовления ВМТ может устанавливаться непосредственно перед горелочным устройством печей, так и для подачи подготовленного ВМТ в накопительную емкость с дальнейшей подачей на горелочные устройства.

Была произведена технологическая проработка получения гомогенного водомазутного топлива из обводненного мазута в ЭМАКС, **при обычной температуре, нормальном давлении и без использования катализаторов.**

Получение гомогенного ВМТ проводилось на образцах мазута с различным содержанием воды. Для получения качественного топлива, процентное содержание воды в мазуте не должно превышать 20%.

Процесс получения ВМТ заключается в обработке обводненного мазута в рабочей камере ЭМАКС магнитными гранулами диаметром 5-6 мм в течение 5 мин. При прохождении обводненного мазута через рабочую камеру ЭМАКС в мазуте происходит возбуждение молекул углеводородов и гетеросоединений, приводящее к разрыву молекулярных полимерных цепочек органического топлива и увеличению количества парамагнитных центров (углеродных радикалов).

В результате технологической проработки получения ВМТ в ЭМАКС установлены основные практические результаты от использования ВМТ полученного электромагнитной обработкой, заключающиеся в следующем:

1. Обеспечивается, благодаря применению технологии электромагнитной обработки, экономия мазута от 10 до 20%.
2. Снижается температура вспышки на 30-40%, чем достигается надежный распыл и горение ВМТ.
3. Снижается вязкость в 4,5-5 раз и плотность топлива на 3-5%, что снижает затраты энергии на перемешивание, перемещение мазута, снижает нагрузку на насосную аппаратуру, влияет на производительность, а также на качество распыливания форсунками.
4. Снижаются расходы на топливо за счет повышения его теплотворности и увеличения полноты сгорания. Предлагаемая электромагнитная обработка, в зависимости от технического состояния оборудования, обеспечивает норму расхода жидкого топлива от 1 кг до 30 т в час на котлах, работающих на товарных мазутах марок от М-40 до М-100, в том числе, высокосернистых с содержанием серы до 4%.
5. Обеспечиваются значительные улучшения экономичности и экологических характеристик энергетических котлов и технологических печей за счет снижения СО – выбросов, Noх, бенз(а)пирена и др. вредных веществ;
6. Снижаются эксплуатационные расходы на поддержание котельного оборудования в работоспособном состоянии за счет снижения низкотемпературной сернокислотной коррозии топочного оборудования и уменьшения сажистых отложений на поверхностях теплообмена в тракте дымовых газов.
7. Обеспечивается высокая стабильность ВМТ, т. е. способность не расслаиваться и оставаться текучим в течение длительного времени (не менее года), сохранять свои свойства после хранения.

8. РЕГЕНЕРАЦИЯ ВОДОЭМУЛЬСИОННЫХ КРАСОК В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Замерзшие и долго хранящиеся на складах лакокрасочных материалы, в которых произошло расслоение, загустение, образование крупных агломератов, отходы лакокрасочных производств и покрасочных камер ставшие абсолютно не пригодными для прямого назначения, являются отходами производства. Наиболее рациональным и экономически выгодным является регенерация отходов лакокрасочных материалов на самом предприятии, что дает существенное снижение затрат на хранение и утилизацию отходов лакокрасочных материалов.

Нами была проработана технология регенерации водоэмульсионных красок с истекшим сроком годности, в аппаратах с магнитокипящим слоем ЭМАКС.

По сравнению с традиционно применяемыми технологиями процесс регенерации проходит за очень короткое время, не более 5 минут.

Водоэмульсионная краска при замерзании загустевает и становится похожа на ватный комок, а при её нагреве происходит отделение воды от краски. При обработке в рабочей камере ЭМАКС происходит разбивание комка и перемешивание воды и краски до состояния текучести и однородности, водоэмульсионные краски полностью регенерируются, причём, после восстановления эти краски получаются выше качеством, чем исходные. По сравнению с оригиналом возрастает их укрывистость и адгезия, цвет становится сочнее, долгое время не расслаиваются, сохраняют цвет и блеск.

По своей эффективности один аппарат ЭМАКС заменяет четыре шаровые мельницы объемом 4 м³ каждая и более чем в 3 раза уменьшает энергозатраты.

По такой же технологии возможна регенерация и масляных красок.

РЕФЕРЕНС-ЛИСТ

1. Разработаны и изготовлены лабораторные и полупромышленные электромагнитные аппараты с магнитокипящим слоем ЭМАКС для отработки технологий;

2. Отработаны и внедрены технологии:

- тонкого измельчения глинозёма в электромагнитных аппаратах
(изготовлено 6 аппаратов ЭМАКС-100);
- измельчения компонентов и диспергирования паяльных паст
(изготовлено 2 аппарата ЭМАКС-5);
- тонкого измельчения кальцита в электромагнитных аппаратах
(изготовлен 1 аппарат ЭМАКС-100);
- производства магнитных рабочих тел используемых на стадиях измельчения и смешивания исходных компонентов в электромагнитных аппаратах
(изготовлен 1 аппарат ЭМАКС-500);
- диспергирования лаков, красок и грунтов в электромагнитных аппаратах
(изготовлено 5 аппаратов ЭМАКС-50);
- измельчения и регенерации старых асфальтобетонных покрытий
(изготовлен 1 аппарат ЭМАКС-200);
- очистки стоков от нефтепродуктов
(изготовлен 1 аппарат ЭМАКС-50);
- очистки стоков от нефтепродуктов и ПАВ
(изготовлено 2 аппарата ЭМАКС-4).