УДК 537.8

АКТИВАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ В АППАРАТАХ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Мищенко М.В., Боков М.М., Гришаев М.Е.

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: bokov.mihail@mail.ru

В статье освещаются перспективы применения технологии обработки материалов в вихревом слое, обобщаются основные гипотезы кинетики взаимодействия полей аппарата с веществом обрабатываемых материалов, возникновения дополнительных эффектов в ходе активации процессов, раскрываются предположения о процессах, протекающих в рабочей зоне аппаратов с вращающимся электромагнитным полем. Несмотря на недостаточную изученность процессов, протекающих в вихревом слое аппаратов с вращающимся электромагнитным полем, такие аппараты достаточно широко и эффективно используются в составе технологических линий обработки сырья и отходов производства. Они могут широко применяться для интенсификации различных типов трудноосуществимых физико-химических процессов в промышленных масштабах. Учитывая непрерывный характер организации процесса работы современных аппаратов вихревого слоя, их принято именовать установками активации процессов.

Ключевые слова: технология обработки, вихревой слой, интенсификация, установки активации процессов

ACTIVATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MATERIALS IN THE DEVICE ROTARY ELECTROMAGNETIC FIELD

Mischenko M.V., Bokov M.M., Grishaev M.E.

Military scientific center of the air force, «Air force Academy n.a. Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh, e-mail: bokov.mihail@mail.ru

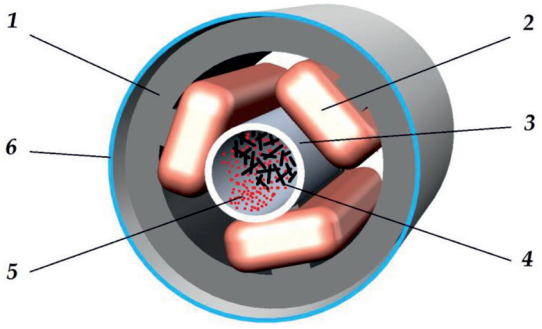
The article highlights the prospects of application materials processing technologies in a fluidized bed, summarizes the main hypothesis of the kinetics of interaction with matter fields machine processed materials of additional effects during the activation process disclosed assumptions about the processes occurring in the work area devices with a rotating electromagnetic field. Despite the lack of study of the processes occurring in the fluidized bed apparatus with a rotating electromagnetic field, such devices are widely and effectively used in the composition of production lines processing of raw materials and waste production. They may be widely applied to various types of intensification physicochemical difficult to accomplish in commercial scale processes. Given the ongoing nature of the process of organization of work of modern devices vortex layer, they decided to call settings activation processes.

Keywords: processing technology vortex layer, intensification, installation activation processes

Немалый вклад в развитие технологий обработки материалов в аппаратах с вращающимся электромагнитным полем (ЭМП) внес талантливый ученый Д.Д. Логвиненко, основные идеи которого были изложены им в соавторстве с О.П. Шеляковым в книге [1], изданной в 1976 году, академик Н.П. Вершинин. В результате многолетнего научного поиска академику Вершинину удалось не только подтвердить сделанные в 70-х годах прошлого века выводы, но и разработать новые, более производительные типы аппаратов, значительно расширив области их применения. Он подверг глубокому анализу процессы, протекающие в аппаратах вихревого слоя для выяснения природы воздействия ЭМП и их производных на вещество. Это позволило ему сделать смелое предположение о том, что огромная производительность и замеченные аномалии хода процессов, по всей вероятности, являются следствием высвобождения внутренней энергии вещества, а сами аппараты – ее генераторами. Этим он объясняет широкие возможности установок активации процессов во всех областях техники, сельского хозяйства, быта и экологии. Этот очень важный факт, возможно, послужит отправной точкой нового скачка в развитии теории и практики использования данной энергии. Ведь считается, что рост производительности технологических линий или аппаратов на 10–15 % – это очень хороший результат, а в 2–3 раза является качественным прорывом развития производственной технологии. Однако созданные Логвиненко аппараты способны поднять производительность в десятки и тысячи раз по сравнению с технологиями такого же назначения. Неудивительно, что учёный мир принимал такие сведения с недоверием. Поэтому создателю высокоэффективных установок активации процессов Д.Д. Логвиненко пришлось приложить немало усилий для популяризации своих идей [5].

На современном этапе развития обрабатывающей отрасли промышленности интерес инженеров к данному направлению подогревается тем, что при организации современного производства одним

из обязательных требований является его экологическая безопасность. При этом доля энергии, затрачиваемой на нейтрализацию отходов предприятия с использованием традиционных технологий, может быть соизмерима с энергией, затрачиваемой на производство продукции. Немалые перспективы применения аппаратов с вращающимся ЭМП открываются и в области подготовки сырья с минимальными энергетическими и другими затратами. Таким образом, задача разработки высокоэффективных способов обработки материалов является чрезвычайно актуальной. Учитывая усложняющуюся с каждым годом экологическую и энергетическую обстановку в мире, стоит обратить внимание на высокоэффективные методы обработки материалов с использованием процессов, протекающих в аппаратах вихревого слоя. Однако, несмотря на то что аппараты с вращающимся ЭМП применяются в промышленности уже несколько десятков лет, до сих пор объяснение хода процессов и источников энергии, способных обеспечивать необычайно высокую производительность аппаратов при ничтожных затратах внешней энергии и очень малых материалоемкости и габаритах, представляется в виде научных гипотез, выводы которых зачастую выходят за рамки классической физики. Такое положение дел, очевидно, указывает на наличие широкого простора для научного поиска и значительного потенциала дальнейшего развития данной технологии для инженеров в области ее совершенствования.



Типовая конструкция аппарата с вращающимся ЭМП: 1 – магнитопровод индуктора; 2 – трёхфазная обмотка индуктора; 3 – немагнитный цилиндрический корпус рабочей зоны аппарата; 4 – ферромагнитные иглы; 5 – обрабатываемый материал; 5 – кожух

Типовая установка активации процессов для создания вихревого слоя использует электрическое питание трехфазным током промышленной сети, что позволяет без особого труда генерировать вращающееся ЭМП с промышленной частотой, как это делается в электрических машинах. Однако ставшие уже достаточно доступными статические преобразователи тока большой мощности позволяют значительно расширить диапазон используемых параметров поля для осуществления тонкой настройки режима работы аппаратов под конкретные технологические требования. Конструктивно аппарат аналогичен асинхронному электродвигателю с извлечённым ротором (рисунок), на месте которого располагается рабочая зона. Основным узлом, создающим вращающееся ЭМП процесса, является индуктор, включающий сердечник индуктора 1 и трехфазную обмотку 2. Вращающееся магнитное поле индуктора замыкается в области рабочей зоны аппарата, ограниченной немагнитным корпусом 3. В рабочую зону аппарата нагнетается обрабатываемый материал 5, вместе с ним туда помещаются иголки 4, изготовленные из ферромагнетика, которые взаимодействуют с вращающимся магнитным полем индуктора.

Аппараты с вращающимся ЭМП фактически существуют (их выпустил только Д.Д. Логвиненко около 2000 штук), успешно функционируют технологические линии, основой которых они являются, подтверждены все прогнозы технической целесообразности их использования. Казалось бы, в связи с прогнозируемым высоким экономическим эффектом использования установок активации процессов в различных отраслях народного хозяйства необходимо активно развивать эти технологии. Но пока это, к сожалению, не так [1].

Все процессы рассматриваемых аппаратов проходят в одном и том же рабочем пространстве, при одном и том же режиме. Для обработки в установках активации процессов пригодны вещества в любом состоянии, лишь бы их размеры (для твердых фаз) соответствовали размерам рабочего пространства и иголок, жидкости были достаточно подвижные, а порошки свободно пересыпались.

До недавнего времени производительность одного аппарата была сравнительно невелика, и для того, чтобы обеспечить, например, нейтрализацию стоков крупного предприятия или города, требовалось большое число единиц установок. Однако в настоящее время, как показано ранее, уже созданы аппараты и проекты аппаратов на 100–1000 м^3/час. Поэтому все проблемы по производительности снимаются.

Широкой областью применения установок активации процессов является обработ-

ка водяных растворов. Рассмотрим вопрос очистки воды. Выше было показано, что аппараты способны осуществить в рабочих зонах кинетический режим при реализации различных технологических приемов. При этом обнаруживаются высокие скорости хода самых различных технологических процессов при значительно меньших капитальных и энергетических затратах. Несмотря на это, химические процессы остаются почти без изменения, в то же время некоторые физические явления претерпевают очень заметные изменения [1].

Процессы получения порошков в аппаратах вихревого слоя также могут быть эффективно реализованы. Идея получения железа и других металлов прямым восстановлением предварительно подготовленных руд всегда была заманчивой, и она в ряде случаев получила промышленное воплощение еще в XX веке. Однако технологические трудности, сложность оборудования, невысокая скорость восстановления не позволили получать порошки железа в широком масштабе. Хотя прямое восстановление ниобия, тантала, вольфрама и некоторых других металлов из их соединений и в настоящее время является основным методом получения порошков металлов.

Особенности воздействия магнитных полей на вещество в рабочей зоне установок активации процессов дают основание предполагать, что восстановление железной руды в этом случае окажется технически целесообразным [1, 6].

Одним из наиболее актуальных направлений использования установок активации процессов может быть переработка отходов деятельности человека, нейтрализация и утилизация промышленных, бытовых и сельскохозяйственных сбросов, стоков и отходов. Существующие традиционные технологии нейтрализации и утилизации промышленных и бытовых стоков технически несовершенны, потребляют очень много энергии, материалов, занимают огромные площади и экологически опасны уже потому, что продукты нейтрализации всегда хоронят, где придется. Нетрудно подсчитать, что если полностью нейтрализовать стоки какого-либо предприятия, используя современные методы, то придется затратить энергии не на много меньше, чем на сам технологический процесс производства продукции, причем надежность в полноте нейтрализации невелика [1, 5].

К настоящему времени в мире создан гигантский арсенал всевозможных технологий и обеспечивающего их оборудования. Конечно, они, пусть и недостаточно полно, но выполняют свои функции. Стоит задача повысить их эффективность без значительных капитальных затрат и расхода энергии. И теперь это можно сделать [1, 3].

Установки активации процессов, как и аппараты вихревого слоя, обладают очень важной особенностью: они без особых трудов и затрат встраиваются в существующие технологические линии, значительно повышая их производительность и улучшая качество продукции. Это обстоятельство открывает широкие возможности для быстрой и недорогой реконструкции уже существующих очистных сооружений любого типа. Но главное внимание в настоящей работе сосредотачивается на создании новых высокоэффективных очистных сооружений, использующих технические особенности установки активации процессов [2].

В настоящее время формируется великое множество типов стоков, сбросов и отходов разного состава и в очень больших количествах, и разобраться в них, а тем более классифицировать, очень трудно. Поэтому предлагается своего рода концепция подхода к решению этих задач. Она должна учитывать фактическое состояние и давать некоторые рекомендации [2].

Практически не существует предприятия, которое могло бы представить данные об успешной очистке промышленных вод от нефтепродуктов. Типичная традиционная система нейтрализации нефтесодержащих стоков, которая не предусматривает их утилизацию, с трудом и далеко не всегда укладывается в нормы ПДК. Таким технологиям присущи недостатки: многоступенчатая система технологической линии, высокие материальные и энергетические затраты, большие производственные площади, расход дорогостоящих добавок, наличие фильтрующих систем, сравнительно низкая производительность.

Применение установок активации процессов, которые позволяют осуществить вместо диффузионного кинетический тип переноса вещества, дает возможность почти полностью устранить указанные недостатки [1, 2].

Что касается кинетики процессов, протекающих в рабочей зоне аппаратов с вращающимся ЭМП, физико-химических предпосылок стимулирования этих процессов, рассматривается ряд теоретических предположений, относительно их характера.

В результате взаимодействия вращающегося ЭМП, создаваемого индуктором установки с вихревым слоем обрабатываемого материала и внесенных туда же ферромагнитных игл, возникает ряд эффектов, которые наряду с механическим и тепловым

воздействием иголок, непосредственно влияют на вещество, изменяя его физико-химические свойства. Рассматриваемые эффекты, возникающие в рабочей зоне аппаратов вихревого слоя, отличаются очень высокой энергетикой, источник которой пока остаётся загадкой. Для раскрытия предпосылок их протекания необходимо рассмотреть их поочередно [1].

Важнейшей составляющей процесса является непосредственное ударное воздействие вращающихся иголок на обрабатываемый материал, а также магнитострикция тела иголки. Процесс магнитострикции неизбежно приводит к возникновению акустических явлений. Учитывая сложный характер электромагнитных взаимодействий, частотный диапазон звуковых волн довольно широк и, как можно заключить из вышеприведенных данных, может составлять от десятков герц до десятков мегагерц, однако потенциальная неспособность системы хаотично излучающих иголок спровоцировать какие-либо резонансные явления ставит под сомнение значимость чисто акустической составляющей при механической обработке сырья [1].

В контексте энергетического воздействия на материал, наибольший интерес представляет акустическое излучение ультразвукового частотного диапазона. Чаще других обработке в установках вихревого слоя подвергаются материалы в жидкой и смешанной фазе. Прохождение высокоинтенсивных акустических волн высокой частоты через несжимаемую жидкую среду служит источником кавитации. Образующиеся кавитационные пузырьки при схлопывании служат вторичными источниками ультразвука. Исследования указывают на то, что на долю акустических колебаний приходится не более 2% от всех затрат энергии, однако возникающие при этом кавитационные явления оказывают огромное влияние на ход многих физико-химических процессов [1, 7].

Согласно закону Фарадея воздействие переменного магнитного поля в рабочей зоне аппарата на металлические иголки, являющиеся проводниками, приводит к возникновению в них индукционных токов. Учитывая то, что жидкая составляющая обрабатываемого сырья – чаще всего вода с растворенными в ней солями, трудно недооценить роль процессов электролиза в таких системах. И действительно, доля энергии, которая приходится на электрохимические процессы значительна, и по некоторым оценкам приближается к 15% от общих затрат. Явными признаками наличия данных процессов является снижение кислотности обработанных растворов и появление водорода в молекулярном виде. Кроме того, установлено, что из солянокислых, сернокислых и азотнокислых растворов, содержащих ионы металлов, соединения металлов выпадают в осадок в виде гидроксидов, а железо и никель, являющиеся материалом иголок, диссоциируют в раствор. Известно, что количество электротока, израсходованного на процесс, и количество прореагировавшего вещества должны строго подчиняться законам Фарадея, однако здесь наблюдаются некоторые аномалии. Так, например, 6-валентный хром восстанавливается до 3-валентного без добавок восстановителя, в ходе процесса в рабочей зоне аппарата существует возможность даже полностью высадить из электролитического раствора металлы в виде гидроксидов, когда количество восстановителей менее 70% от стехиометрически необходимого. Кроме того, под вопросом остается пространственная конфигурация электрохимической ячейки, поскольку, как известно, в классическом представлении электролиз осуществляется при наличии как минимум двух электродов различного потенциала, помещенных в электролит. В случае с иголками в рабочей зоне установки активации процессов предполагается, что электролитической ячейкой может служить соседство двух иголок, имеющих разные заряды. Вторым электродом может являться и твердый фрагмент обрабатываемого материала. Электрохимический процесс скорее всего носит импульсный характер, поскольку очевидно, что такое соседство достаточно кратко. Таким образом, в рабочей зоне аппарата вихревого слоя имеется огромное количество короткоживущих электролизеров, благодаря высокой интенсивности и вопреки кратковременности действия способных дать импульс к образованию продуктов, характерных для электролиза, на что указано выше [1, 4].

Физико-химические предпосылки интенсификации и стимулирования процессов, протекающих в аппаратах с вращающимся ЭМП, многогранны и сложно взаимосвязаны. Энергетическое взаимодействие первичного вращающегося магнитного поля и вторичного индуцированного в вихревом слое магнитного поля с обрабатываемыми материалами мало изучено.

Парадоксальность выводов экспериментальных исследований энергетики данных процессов указывает, прежде всего, на несовершенство методик их проведения и требует тщательной прикладной и теоретической научной проработки.

Список литературы

1. Вершинин И.Н., Вершинин Н.П. Аппараты с вращающимся электромагнитным полем. Сальск–Москва: Передовые технологии XXI века, 2007. – 368 с.

2. Вершинин Н.П. Установки активации процессов. – Ростов-на-Дону: Инноватор, 2004. – 96 с.

3. Всемирная конференция по изменению климата. Тезисы докладов. Россия. – М., 2003.29.11–10.12.

4. Краткая химическая энциклопедия. Т. 5. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 939 с.

5. Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах вихревого слоя. – Киев: Техника, 1976. – 113 с.

6. Основы металлургии. Тяжелые металлы. – М.: Изд. «Металлургия», 1962.

7. Ультразвук: Малая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

References

1. Vershinin I.N., Vershinin N.P. Apparaty s vrashhajushhimsja jelektromagnitnym polem. Salsk-Moskva: Peredovye tehnologii XXI veka, 2007. 368 p.

2. Vershinin N.P. Ustanovki aktivacii processov. Rostov-na-Donu: Innovator, 2004. 96 p.

3. Vsemirnaja konferencija po izmeneniju klimata. Tezisy dokladov. Rossija. M., 2003.29.11–10.12.

4. Kratkaja himicheskaja jenciklopedija. T. 5. M.: Sovetskaja jenciklopedija, 1967. 939 p.

5. Logvinenko D.D., Sheljakov O.P. Intensifikacija tehnologicheskih processov v apparatah vihrevogo sloja. Kiev: Tehnika, 1976. 113 p.

6. Osnovy metallurgii. Tjazhelye metally. M.: Izd. «Metallurgija», 1962.

7. Ultrazvuk: Malaja jenciklopedija. M.: Sovetskaja jenciklopedija, 1979. 400 p.

Рецензенты:

Быков В.С., д.т.н., профессор, профессор кафедры автотранспорта Института экономики и права, г. Воронеж;

Спиридонов Е.Г., д.т.н., доцент, профессор кафедры автотранспорта Института экономики и права, г. Воронеж.

Работа поступила в редакцию 15.04.2015.