

УДК 62-1/-9

АППАРАТЫ ВИХРЕВОГО СЛОЯ

А. С. Мусхажиев, И. М. Бондарь

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Аппараты вихревого слоя (АВС) играют важную роль в интенсификации многих процессов в различных отраслях промышленности. Использование данных аппаратов заключается в воздействии на исходные материалы механически и электрохимически за счет рабочих тел, изготовленных из ферромагнитных материалов различных геометрических видов и объёмов. Целью данной работы является изучение конструкций АВС путём анализа возможных вариантов исполнения рабочих тел.

Ключевые слова: аппарат вихревого слоя, ферромагнитные элементы, рабочая камера, исходный материал, электромагнитное поле, исследование, мощность.

VORTEX LAYER DEVICES

A. S. Muskhazhiev, I. M. Bondar

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

A device of a vortex layer plays the intensification role of most processes in many industries. This device usage consists of influencing on the raw materials mechanically and electrochemically due to working bodies made of ferromagnetic materials of various geometric types and volumes. The purpose of the work is to study the DVL designs by analyzing possible versions of working bodies.

Keywords: vortex layer device (DVL), ferromagnetic elements, working room, source material, electromagnetic field, research, power.

Введение. Актуальность исследуемой темы заключается в том, что современные потребности человека диктуют новые условия развития технологий. Поскольку один из многочисленных методов интенсификации технологических процессов заключается в комплексной обработке за счет воздействия ферромагнитных элементов и вращающегося электромагнитного поля, применение принципа вихревого слоя позволяет доизмельчать, перемешивать, удерживать в рабочей камере исходные вещества. Именно это дает возможность интенсифицировать процесс производства.

Основная часть. Прежде всего необходимо знать, что конструкция вихревого слоя состоит из системы обмоток, представляющих собой индуктор, создающий движущееся электромагнитное поле, в котором расположен сборный полый цилиндр, изготовленный из немагнитного материала, с рабочими ферромагнитными элементами, играющими роль абразива при выполнении диспергирующих функций устройства [1–3]. Схема аппаратов вихревого слоя представлена на рис. 1.

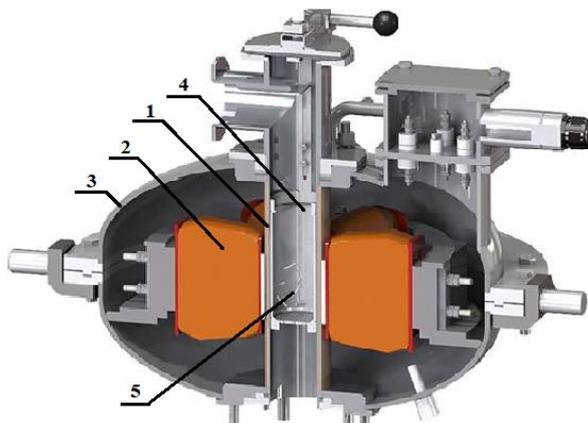


Рис. 1. Схема ABC:

1 – защитная втулка, 2 – индуктор вращающегося электромагнитного поля, 3 – корпус индуктора, 4 – рабочая камера из немагнитного материала, 5 – ферромагнитные элементы

С точки зрения электрической машины, аппарат вихревого слоя обладает ключевым недостатком — низким коэффициентом мощности, приблизительно равным 0,2–0,5 [4]. Подобный эффект связан с большой реактивной мощностью. Реактивная мощность используется для образования магнитного поля, генерируемого индуктором [5]. Известно, что магнитное поле в ABC не замыкается в магнитопроводе, а рассеивается в пространстве, так как ферромагнитные элементы не могут представлять собой полноценный магнитопровод. Следовательно, реактивная мощность препятствует работе аппарата от электрической сети 380 В, её необходимо возмещать или уменьшать. Сделать это можно методом параллельного подключения, соответствующим данной индуктивности ёмкости. Это позволяет создать колебательный контур, в котором при соответствующей настройке может возникнуть резонанс, в свою очередь, представляющий резонанс токов, в идеале характеризующийся потреблением мощности из сети и стремящийся к нулю [6].

Узкий диапазон сил взаимовлияния ферромагнитных материалов, представляющих собой элементы разной длины и поперечного сечения, а также их идентичные геометрические характеристики относятся к числу недостатков исследуемого устройства. Устранить их можно путем использования стержней разных размеров, которые подбираются по соотношению:

$$N_{\text{общ.}} = N_1 + N_2 + \dots + N_n, \quad (1)$$

где $N_{\text{общ.}}$ – общее число ферромагнитных частиц рабочей камеры,

N_1 – число частиц длиной l_1 и диаметром d_1 ,

N_2 – число частиц длиной l_2 и диаметром d_2 ,

N_n – число частиц длиной l_n и диаметром d_n .

При этом необходимо соблюдать следующее условие: $N_1 < N_2 < N_n$, а $l_1/d_1 > l_2/d_2 > l_n/d_n$ [7].

При дальнейшем анализе устройства было выявлено, что ферромагнитные элементы крупных объемов имеют гораздо более высокую энергию соударения и дробят материалы на более высоком уровне, в свою очередь, тела с малым поперечным сечением и длиной содействуют более интенсивному смешиванию и последующему тщательному размельчению [8–10].

Также в процессе анализа было принято, что для исследуемого режима работы ABC ферромагнитные элементы необходимо изготавливать из углеродистой конструкционной, легированной конструкционной, низколегированной конструкционной стали и т. п. материалов, обладающих магнитными свойствами и высокими прочностными характеристиками:

Геометрические размеры ферромагнитных элементов незначительно влияют на потребляемую мощность при создании вихревого слоя, тогда как их масса и количество сгущают электромагнитное поле, что влияет на потребляемую мощность для работы установки. На рис. 2 представлена зависимость потребляемой мощности аппаратом от общей массы ферромагнитных рабочих тел в электромагнитном поле. Данная зависимость приведена для аппарата вихревого слоя компании «Глоубкор» АВС-100 [11].

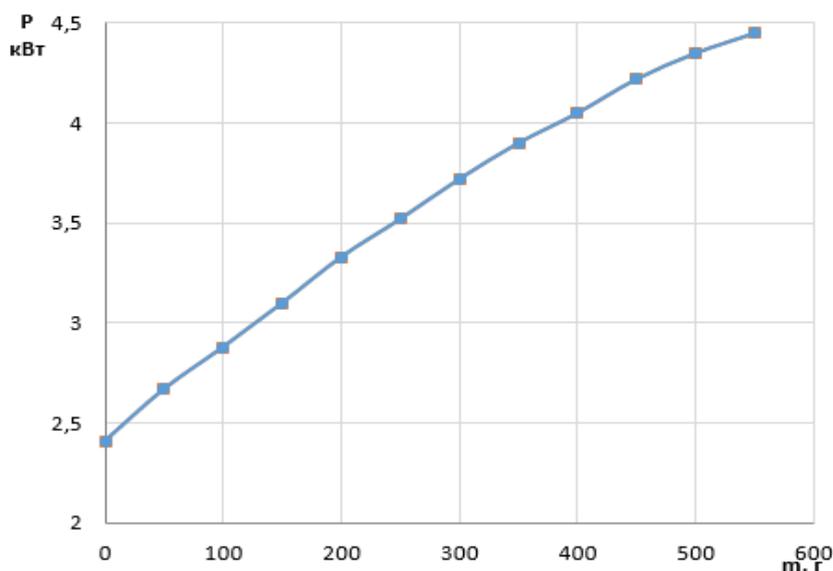


Рис. 2. Влияние массы ферромагнитных элементов на расход активной мощности в АВС

Рабочие процессы аппарата АВС делятся на две фазы: сухую и жидкую. На каждый тип фаз и материал, подвергающийся измельчению, для достижения необходимого результата необходимо затрачивать разное время [12].

Жидкая фаза подразумевает под собой интенсивное перемешивание и измельчение исходного материала размерностью до сотен мкм. В подобных конструкциях АВС для получения необходимого результата применяются ротор, трубки и ножи. Виды конструкций приведены на рис. 3.

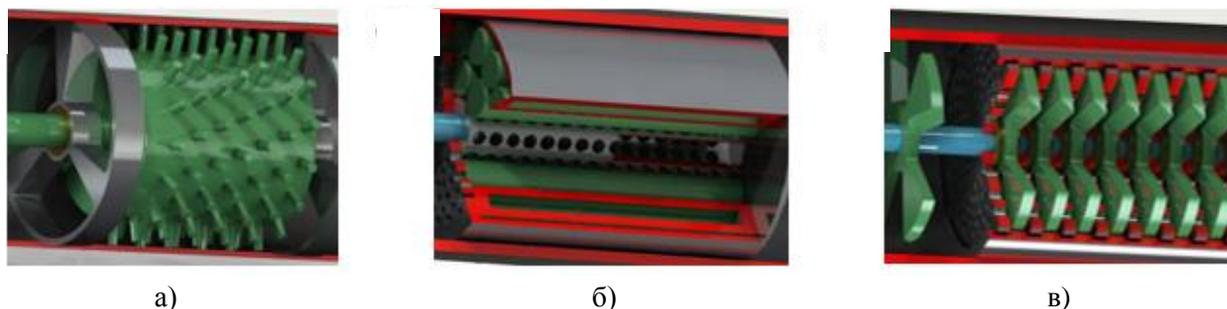


Рис. 3. Общий вид рабочей камеры АВС: а) перемешивание и измельчение продукта за счет ротора, б) перемешивание и измельчение продукта за счет трубок, в) перемешивание и измельчение продукта за счет ножей.

Сухая фаза обработки материала для измельчения до десятых долей мкм требует добавления ферромагнитных элементов в рабочую камеру при помощи электромагнитного дозатора. Рассматриваемый тип АВС для достижения поставленной цели реализуется за счет таких рабочих геометрических тел, как иглы, цилиндры, шары, пластины (рис. 4).

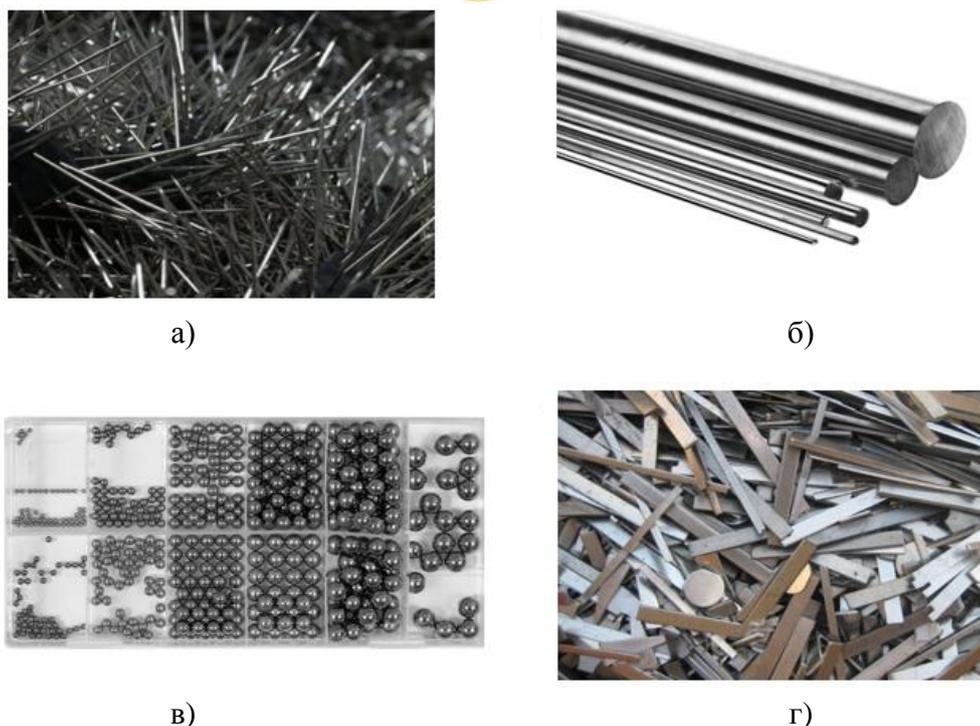


Рис. 4. Образцы ферромагнитных тел ABC: а) иглы, б) цилиндры, в) шары, г) пластины

Заключение. Проанализирована конструкция ABC, выполненная компанией «Глоубкор» ABC-100. Исследуемый аппарат не имеет дополнительных механических элементов, дает хорошие показатели при перемешивании и диспергировании. Конструкция данной установки может быть усовершенствована, как и технология производства.

Установлено, что оптимальное использование того или иного аппарата вихревого слоя и рабочих элементов определяется областью их применения.

В частности, доказано, что применение ABC компании «Глоубкор» наиболее эффективно для диспергирования. Наиболее эффективными для решения поставленной задачи являются ножи и трубки для жидких фаз, цилиндры и шары для сухих фаз.

Библиографический список

1. Пат. 2668906 С1, Российская Федерация, МПК В01F 13/08. Индуктор с замкнутым перемещением рабочих тел / А. А. Лаврентьев, Л. Н. Ананченко, Н. В. Лимаренко; заявитель и патентообладатель — Донской государственный технический университет. — № 2018106113; заявл. 19.02.2018; опубл. 04.10.2018; бюл. № 28. — 6 с.

2. Пат. № 171681 U1, Российская Федерация, МПК В01F 13/08, В03С 1/00. Устройство для удержания ферромагнитных частиц в рабочей зоне индуктора при работе с жидкими средами / Б. Ч. Месхи, В. П. Жаров, Б. Г. Шаповал, Н. В. Лимаренко; заявитель и патентообладатель — Донской государственный технический университет. — № 2016147751; заявл. 07.12.2016; опубл. 09.06.2017; бюл. 16. — 7 с.

3. Исследование влияния заполненности рабочей зоны рабочими телами на качество функционирования индуктора / Н. В. Лимаренко, А. П. Длинный, Г. М. Скрипка, П. В. Токарев // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. статей XX Междунар. юбил. научно-практической конференции в рамках XX Междунар. агропромышленной выставки «Интерагромаш-2017». — Ростов-на-Дону, 2017. — С. 622–626.

4. Логвиненко, Д. Д. Интенсификация технологических процессов в аппаратах вихревого слоя / Д. Д. Логвиненко, О. П. Шеляков // Киев : Техника, 1976. — 144 с

5. Structural parameters and properties of fine-grained concrete on Portland cement, activated with plasticizers in vortex layer apparatuses / R. A. Ibragimov, E. V. Korolev, T. R. Deberdeev, V. V. Leksin // ZKG International. — 2018. — Vol. 71, No 5. — P. 28–35.

6. Данилина, Э. М. Потери энергии на вихревые токи в электромагнитных аппаратах вихревого слоя и способы их снижения / Э. М. Данилина, Г. И. Володин, В. П. Бреславец // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. — 2014. — № 1. — С. 43–47.

7. Пат. № 2342987 С1, Российская Федерация, МПК В01F 13/08. Аппарат вихревого слоя / Г. И. Володин, И. В. Новохацкий, А. Ю. Бахвалов; заявитель и патентообладатель — Донской государственный технический университет. — № 2007108610/15; заявл. 07.03.2007; опубл. 10.01.2009; бюл. 1. — 5 с.

8. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Ю. В. Панов, Б. Г. Шаповал // Вестник Донского государственного технического университета : [сайт]. — 2016. — № 16 (2) — С. 90–96. [10.12737/19701](https://doi.org/10.12737/19701)

9. Ecological and technological criteria for the efficient utilization of liquid manure / N. V. Vyshov, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming, Voronezh, 17–18 октября 2019 года. — Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. — P. 012069. [10.1088/1755-1315/422/1/012069](https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012069)

10. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. А. Борисов, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2019. — № 3 (55). — С. 360–369.

11. Аппарат вихревого слоя ABC / GlobeCore : [сайт]. — URL: <https://media.professional.ru/processor/classifieds/original/2017/07/11/kommercial-offer-avs.pdf> (дата обращения: 27.10.2021).

12. Расчёт и моделирование параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью / Н. В. Бышов, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. — 2020. — № 4 (60). — С. 350–369.

Об авторах:

Мусхажиев Артур Султанович, магистрант кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), arturmushazhiev@yandex.ru

Бондарь Игорь Михайлович, доцент кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), bondar2822007@rambler.ru

About the Authors:

Muskhazhiev, Artur S., Master's degree student, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), arturmushazhiev@yandex.ru

Bondar, Igor M., Associate professor, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), bondar2822007@rambler.ru