

*д.т.н. Заблодский Н.Н.,
к.т.н Мурга В.В.,
Лукьянов Н.В.,
Грицюк В.Ю.
(ДонГТУ, г.Алчевск, Украина)*

ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В роботі приведені результати експериментальних досліджень руху часток в обертаючому магнітному полі.

Ключові слова: обертаюче магнітне поле, іонізаційна камера, процес наплавлення, очищення повітря, аерозольні частки.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований движения частиц во вращающемся магнитном поле.

Ключевые слова: вращающееся магнитное поле, ионизационная камера, процесс наплавки, очистка воздуха, аэрозольные частицы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

С развитием промышленных технологий расходы на защиту окружающей среды и поддержание допустимого уровня загрязнения воздуха рабочей зоны, существенным образом влияющие на жизнедеятельность человека, значительно увеличиваются. Стала актуальной проблема оптимизация технологий очистки воздуха. Такой подход позволяет при минимальных затратах достичь достаточного уровня очистки воздуха и уменьшить материалоемкость и энергоемкость очистных сооружений. Более половины валового национального продукта промышленно развитых стран создается с помощью сварки и родственных ей технологий, а до 2/3 мирового потребления стального проката идет на производство сварных конструкций и сооружений [1]. Для повышения эксплуатационных показателей и увеличения срока службы деталей машин используют различные способы поверхностного упрочнения, в частности наплавку. В настоящее время в промышленности применяют различные способы наплавки: ручную (газовую, дуговую покрытыми электродами), полуавтоматическую (дуговую в среде защитного газа или без защитной среды) и автоматическую (дуговую под флюсом). Однако эти процессы сопровождаются выделением довольно большого количества вредных летучих веществ и аэрозолей. Таким образом, очень актуальна

проблема очистки промышленных газовых выбросов от взвешенных частиц, которая является результатом механических, термических и химических процессов. В сварочном производстве, при наплавке выделение твердых аэрозольных частиц (ТАЧ) обусловлено комплексом сложных теплофизических процессов, связанных с резким охлаждением металлических расплавов и определяющих высокую дисперсность частиц. Размер ТАЧ находится в пределах 0.01-10 мкм. Такие мелкие частицы, способны к витанию и представляют трудность для улавливания [2].

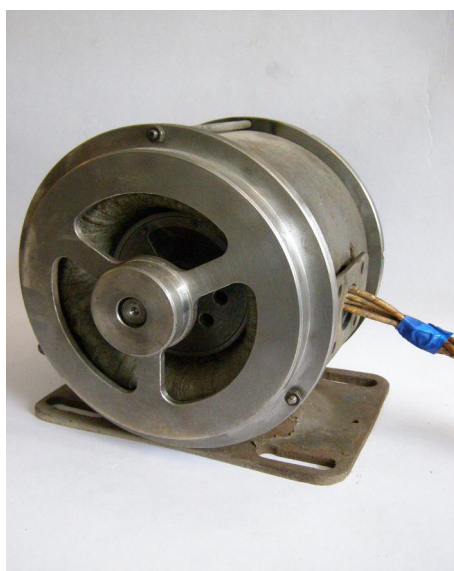
Анализ исследований и публикаций. Существует ряд разработок и исследований, которые посвящены изучению и практическому применению принципов осаждения частиц магнитным полем. Например, известна установка магнитной очистки газа и сухих сыпучих материалов от ферромагнитных частиц, разработанная специалистами ООО «ВЭМ» на основе постоянных анизотропных магнитов, а также система магнитной очистки газовых потоков от ферромагнитных аэрозолей, металлической пыли и сварочных аэрозолей, которые содержатся в газовых потоках вытяжных систем металлургических, машиностроительных и иных производств [3]. Известно также устройство для очистки дисперсных систем, жидкости, газа от ферромагнитных частиц. Устройство для очистки дисперсных систем содержит магнит с плоскими рабочими поверхностями полюсных наконечников, расположенными под углом друг к другу, и трубчатый распределитель для прохождения неочищенной смеси и отвода очищенной компоненты [4]. Инжиниринговая кампания ИНКОМП – НЕФТЬ совместно с институтом механики УНЦ РАН проводят комплекс работ по конструированию и изготовлению аппаратов магнитной обработки на основании анализа сред и моделирования процессов. Установки на постоянных сверхсильных магнитах предназначены для снижения коррозионной активности сред, интенсивности солевых и парафиновых отложений, предотвращения образования стойких эмульсий, а также для коагуляции (укрупнения) ферромагнитных частиц в потоке жидкости или газа под действием магнитного поля для дальнейшего их удаления посредством фильтрования или отстоя. Преимуществом метода является возможность улавливания ферромагнитных частиц размером менее 0,5 мкм, что практически невозможно осуществить другими способами очистки [5].

Однако, рассмотренные конструкции не обеспечивают достаточную степень очистки воздуха от аэрозолей, образующихся при наплавке, и, что очень существенно, самоочистку фильтрующих элементов в процессе работы.

Целью работы является предварительная оценка эффективности новых конструкций камер для замкнутой технологии очистки воздуха от вредных веществ при наплавке, что обеспечит уменьшение вредных

выбросов в атмосферу в таких отраслях, как металлургия и машиностроение. При этом процесс очистки воздуха осуществляется под действием электрического поля и вращающегося магнитного поля.

Изложение материала и его результаты. Разработан макетный образец, воспроизводящий технологический процесс наплавки и фильтрации аэрозоля. С целью проверки оценки вклада каждого фактора, эксперименты проводились как для отдельного фактора, так и для комплексного действия совместно включенных различных источников влияния. На рисунке 1 представлены фрагменты экспериментальной установки: узел очистки в магнитном поле с картиной распределения осаждения частиц на внутренней поверхности статора; камера ионизации аэрозолей с картиной распределения коронного разряда. Отличительной особенностью применяемой камеры ионизации от известных, является цилиндрическая форма электродов.



а)



б)

Рисунок 1– Макетный образец для очистки воздуха электрическим

(а) – камера очистки аэрозолей во вращающемся магнитном поле

(б) – камера ионизации аэрозолей

Проведена качественная и количественная оценка осаждения предварительно заряженных частиц в магнитном и вращающемся поле (таблица 1) методом индуктивно связанной плазмы.

Кроме того, проводилась регистрация траекторий прохождения частиц по направлению перемещения воздуха и плотности осажденных частиц на маркерной поверхности с последующей обработкой результатов в среде MatLab (рисунок 2).

Таблица 1 - Химический состав сварочного аэрозоля

Вещество	Флюс с электрода	Частицы на осадительных пластинах	Частицы на выходе фильтра
TiO ₂	36,8	3,14	2,94
SiO ₂	19,9	3,69	5,08
Al ₂ O ₃	5,63	1,55	1,79
MgO	5,82	1,43	-
MnO	12,2	3,27	3,31
FeO	3,32	21,5	19,7
Fe ₂ O ₃	0,83	57,8	57,8
K ₂ O	3,70	0,27	1,00
CaO	2,70	0,46	1,42
Na ₂ O	1,32	0,16	0,52
P	0,080	0,008	0,029
Fe _{об}	3,16	57,1	55,7

В процессе наплавки увеличивалось содержание железа и его соединений, которые переходят в аэрозоль при плавлении электрода и подложки.

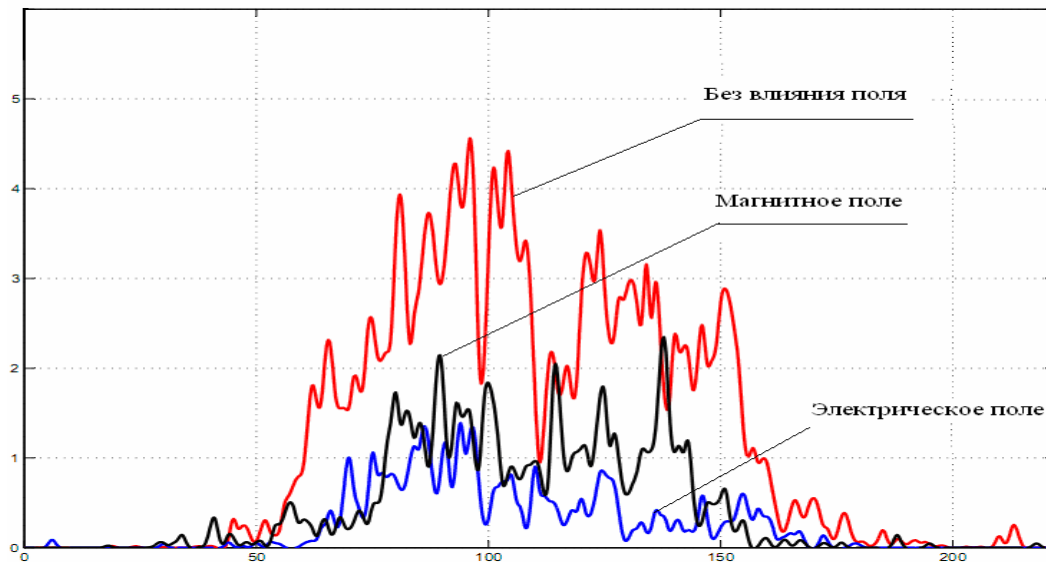
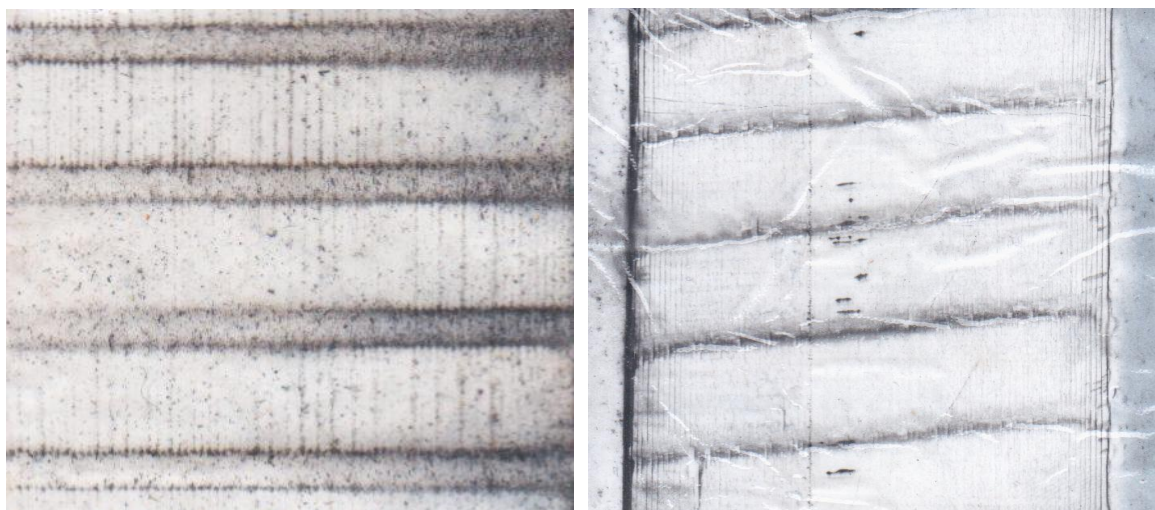


Рисунок 2 – Плотность распределения частиц на выходе осадительной камеры при воздействии электрического и магнитного полей

Исследования показали, что магнитное поле, которое используется совместно с электростатическим, увеличивает степень разделения ионов и повышает уровень осаждения в сравнении с известными методами. Магнитное поле, используемое совместно с электростатическим,

позволяет эффективнее проводить выделение вредных веществ из потока загрязненного воздуха, доводя степень очистки до 99,7%.

Проведение дальнейших исследований по воздействию комплексной системы “электростатика - магнитное поле” на содержащиеся в технологических потоках воздуха микрочастицы ферромагнитных, немагнитных, проводящих и диэлектрических материалов позволило установить следующее: при действии вращающегося магнитного поля на проводящие немагнитные материалы (медь, латунь, графит) наблюдается явно выраженная концентрация их в зубцовой зоне, (участки с наибольшими значениями магнитной индукции). Более высокий уровень осаждения был получен у ферромагнитных частиц в активной зоне очистки (рисунок 3).



а)

б)

Рисунок 3 – Картина осаждения частиц
во вращающемся магнитном поле:

(а) – ферромагнитные частицы (б) – немагнитный материал (графит)

Важной отличительной особенностью новой разработки является обеспечение функции самоочистения фильтра в процессе работы.

Созданная физическая модель камеры очистки обеспечивает улавливание частиц размером до 10 мк. Комплексное воздействие центробежных (F_c) электромагнитных (F_p) и аэродинамических (V_v) усилий на ТАС формируют преимущественную траекторию их движения в зону утилизации с возможностью последующего их использования (рисунок 4).

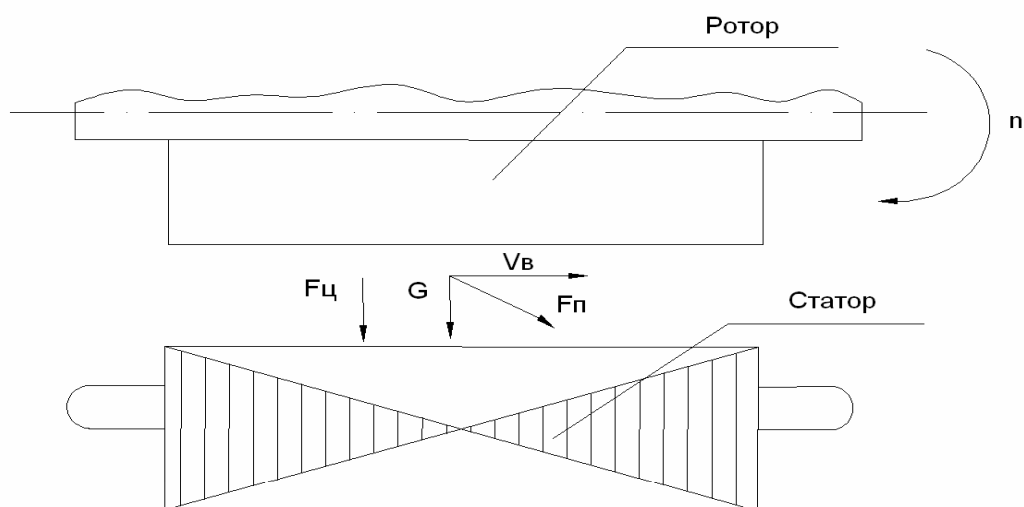


Рисунок 4 – Силы действующие на частицу в зоне очистки вращающимся полем

Выводы:

1 Эффективность очистки воздуха зависит от степени ионизации воздушного потока, что подтверждается экспериментальными данными. В зависимости от длины осаждающей поверхности можно добиться достаточно высокой степени очистки воздуха.

2 Совместное использование электрического и магнитного поля обеспечивает большую степень очистки при незначительном увеличении энергозатрат.

3 Вращающееся магнитное поле увеличивает степень выноса загрязнений на осадительные элементы и обеспечивает удаление загрязнений из осадительной камеры.

4 Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методологии создания фильтрующих устройств совместного воздействия электрического и магнитного полей.

Библиографический список

1. <http://www.svarkainfo.ru>
2. В.В Подгаецкий, И. И. Люборец Сварочные флюсы.– К.: Техніка, 1984.–167с.
3. Онлайн-журнал “Заметки Радиоэколога”<http://radioecology.net>
4. Пат. 2196007 Российской Федерации. В03С1/02. Устройство для очистки дисперсных систем, жидкости, газа от ферромагнитных частиц/ Пономарева Л.М.
5. <http://www.incompneft.ru>