

ОЧИСТКА ЖИДКОСТЕЙ ФИЛЬТРАМИ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕГУЩЕЙ ВОЛНОЙ

*Л.Д. Пляцук**, *д-р техн. наук, проф.*; *Н.З. Бойко***

**Сумский государственный университет*

***Донбасский государственный технический университет*

Во многих отраслях промышленности, связанных с металлообработкой, таких, как металлургическая, металлообрабатывающая, а также в пищевой, химической и фармацевтической промышленности, парогенерирующих установках и в системах центрального отопления до 65 % загрязнений составляют ферромагнитные. Они возникают при металлообработке в результате износа элементов оборудования и непрерывной и прогрессирующей во времени коррозии.

Традиционные магнитные очистители [1] с возбуждением от постоянных магнитов и электромагнитов обладают следующими недостатками - малым радиусом действия, малой грязеемкостью, невозможностью очистить жидкость от загрязнений фиксированной крупности. В связи с этим возникла задача создания магнитных очистителей, которые способны при большой грязеемкости обеспечивать нужную степень очистки.

Выполненные авторами работы исследования показали высокую эффективность очистки жидкости от ферромагнитных загрязнений при использовании электромагнитного фильтра со сложной конфигурацией магнитного поля. Определили и недостаток этого фильтра - сложность его регенерации [2].

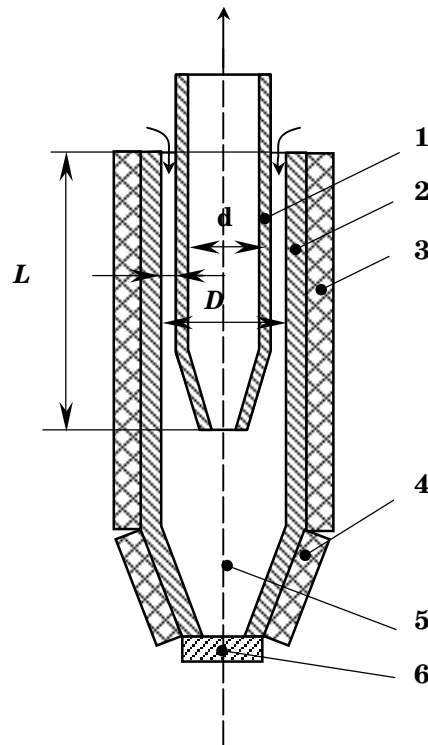


Рисунок 1 – Фильтр с электромагнитной бегущей волной

Авторами работы был разработан фильтр, позволяющий экономить электроэнергию, снять проблемы с регенерацией и снизить расход электротехнической стали за счет отсутствия улавливающей системы.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема конструкции фильтра с электромагнитной бегущей волной.

Фильтр состоит из корпуса 2, на наружной поверхности которого расположена в верхней части электромагнитная система 3, создающая бегущее магнитное поле, которое, с одной стороны, притягивает ферромагнитные частицы, находящиеся в зазоре между корпусом 2 и отводящей жидкостью трубой 1, к наружной стенке корпуса 2, а с другой стороны, транспортирует осевшие частицы в сторону бункера 5, где они удерживаются электромагнитом постоянного тока 4. Бегущее магнитное поле создается при кратковременной подаче напряжения на отдельные витки обмотки, причем сигналы на управление подаются по закону, зависящему от вязкости жидкости, параметров частицы загрязнения и т.д. При необходимости удаления отдельных от жидкости ферромагнитных частиц из фильтра электромагнит 4 отключается от сети и открывается затвор 6. Очищенная жидкость через трубу 1 поступает к потребителю. Труба 1 и корпус 3 выполнены из неферромагнитных материалов.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФИЛЬТРА

Расчет фильтра заключается в определении необходимой силы тока в витке обмотки и частоты переключения этих обмоток для достижения требуемой степени очистки при заданных гидродинамических, геометрических и магнитных параметрах фильтра и частиц. На рисунке 2 изображены силы, действующие на ферромагнитную частицу, находящуюся в зазоре между корпусом фильтра и отводящей трубой. На движущуюся в зазоре между трубами частицу действует сила тяжести G , архимедова сила F_a , сила сопротивления падению частицы в продольном направлении F_{cz} и силы сопротивления движению частицы F_{cp} в поперечном направлении после приложения пандеромоторной силы.

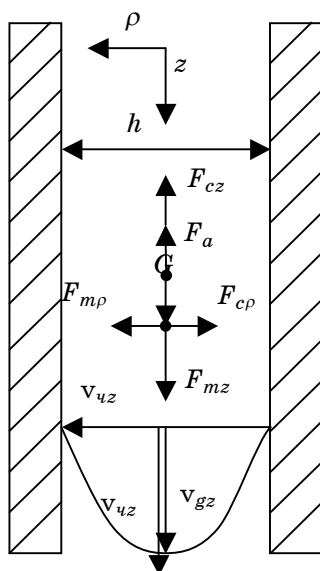


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на частицу в кольцевой щели и скорости ее движения

Обозначим в цилиндрических координатах координату вдоль оси фильтра через z , а в радиальном направлении - через ρ .

Совместное решение системы гидродинамических и электромагнитных уравнений (математическая модель фильтра) позволяет рассчитать параметры движения частицы.

Решение задачи проектирования электромагнитной части фильтра сводится к определению рационального значения намагничивающей силы, при котором высокое быстродействие может быть получено при разумных потерях энергии. Нужно отметить, что нагрев обмотки при этом является до некоторой степени положительным явлением.

Составим математическую модель фильтра.

Уравнение гидродинамических сил, действующих на частицу в продольном направлении, представим в виде

$$m \frac{dV_{cz}}{dt} = F_{mz} - 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r \cdot (V_{cz} - V_{gz}). \quad (1)$$

В поперечном направлении, считая, что течение в зазоре носит ламинарный режим, а сопротивление подчиняется закону Стокса, уравнение гидравлических сил, действующих на частицу, запишем в виде

$$m \frac{dV_{cp}}{dt} = F_{mp} - 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r \cdot V_{cp}. \quad (2)$$

Уравнение пандеромоторной силы, действующей на ферромагнитную частицу внутри соленоида, в поперечном направлении определим по формуле из [2] в виде

$$F_{mp} = \mu_0 \cdot V \cdot \chi \cdot \frac{I^2 \cdot R^8 \cdot \rho}{2 \cdot (R^2 + Z^2)^3 \cdot (R^2 - \rho^2)^3}. \quad (3)$$

Уравнение пандеромоторной силы, действующей на ферромагнитную частицу внутри соленоида, в продольном направлении определим по выражению из [3]:

$$F_{mz} = 0,75 \cdot \mu_0 \cdot V \cdot \chi \cdot \frac{I^2 \cdot R^8 \cdot \rho}{2 \cdot (R^2 + Z^2)^3 \cdot (R^2 - \rho^2)^3}. \quad (4)$$

В кольцевых щелях при ламинарном режиме движения жидкости распределение скоростей определяется выражением из [4]:

$$V_{gz} = \frac{\Delta \rho}{2 \cdot \mu \cdot L} \cdot (h^2 - 1). \quad (5)$$

В приведенных выше формулах приняты следующие условные обозначения:

m - масса частицы загрязнения; V_c и V_g - скорости частицы и жидкости соответственно; μ - вязкость жидкости; p - перепад давления по длине фильтра; F_m - пандеромоторная сила; μ_0 - магнитная проницаемость вакуума; χ - магнитная восприимчивость ферромагнитной частицы; I - сила тока; W - количество витков; R - внутренний радиус корпуса фильтра; L - длина участка очистки; z и ρ - координаты частицы; h - высота щели; V - объем частицы.

Для совместного решения уравнений (1) - (5) была составлена программа в пакете Simulinq, которая позволила получить графики зависимости быстродействия системы очистки от намагничивающей силы, размеров частицы, вязкости жидкости, от количества очищаемой

жидкости (расхода через щель), от количества витков и расстояния между ними в продольном направлении, от высоты щели и внутреннего диаметра корпуса фильтра.

Эти зависимости показали, что расчеты можно существенно упростить, что позволило авторам составить инженерную методику расчета режимов работы фильтра с бегущей электромагнитной волной, которая приведена ниже.

1) Определяется время, за которое движение частицы станет установившимся:

$$t_{\rho} = - \frac{l_n \cdot 0,05 \cdot m}{6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r} ; \quad (6)$$

2) определяется величина поперечной пандеромоторной силы

$$F_{m\rho} = \frac{(R - h) \cdot 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r}{t_{\rho}} ; \quad (7)$$

3) определяется величина продольной пандеромоторной силы

$$F_{mz} = 0,083 \cdot \mu_0 \cdot V \cdot \chi \cdot \frac{I^2 \cdot R}{(2 \cdot R \cdot r - r^2)^2} ; \quad (8)$$

4) определяется время прохождения частицей расстояния между соседними витками обмотки, которые в определенное мгновение имеют разные импульсы по полярности:

$$t_z = \frac{C}{\frac{F_{mz}}{6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot r} + V_g} ,$$

где

$$C = z_{нач} + \frac{F_{mz} \cdot m}{36 \cdot \pi \cdot \mu^2 \cdot r^2} ;$$

5) определяется необходимая частота переключения витков обмотки

$$f = \frac{1}{t_z} .$$

На основании предложенного метода расчета разработана программа, которая позволяет по исходным данным (производительность Q , допустимое время очистки, требуемая степень очистки по крупности, крупность частиц, вид жидкости) определить все основные размеры фильтра (D, d, L) и параметры электромагнитной системы (μ_0, χ, I, W), длину отдельных ступеней, а также подсчитать энергетические затраты.

ВЫВОДЫ

Разработана схема принципиально нового способа очистки жидкостей от ферромагнитных механических примесей с помощью электромагнитного бегущего поля, отличающаяся непрерывной работой, малой энергоемкостью, возможностью складирования уловленных частиц в бункере и быстрой регенерацией фильтра.

Разработана теория работы указанного фильтра, что позволило оценить влияние отдельных факторов на работу фильтра и составить инженерную методику расчета режимов работы. С помощью полученных зависимостей рассчитываются основные конструктивные и электромагнитные параметры фильтра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. - М.: Недра, 1986. - 232 с.
2. Финкельштейн З.Л., Ямковая М.А. Электромагнитный очиститель со сложной конфигурацией магнитного поля /Труды НИИ прикладных проблем гидроаэромеханики и теплообмена. – Черкассы: Изд-во ЧИТИ, 1997. - С. 87-93.
3. Бойко Н.З., Ямковая М.А. Расчет намагничивающей силы при электромагнитной очистке /Труды Кременчугского государственного политехнического университета. Проблемы создания новых машин и технологий. - Кременчуг: Изд-во КГПУ. – 2001. - Вып. №1(10). - С. 521-533.
4. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы /Т.М.Башта, С.С.Руднев, Б.Б.Некрасов и др. - М.: Машиностроение, 1982.-423с.

Поступила в редакцию 6 декабря 2005 г.

УДК 661.634.2.002

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ОТРАСЛИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НОВЫЕ ВИДЫ СЫРЬЯ

Е.В. Лапин*, канд. экон. наук; ***Н.А. Трофименко****, канд. экон. наук;
С.В. Вакал**, канд. техн. наук; ***Э.А. Карпович*****, канд. техн. наук;
Е.И. Дмитриев***, канд. техн. наук

**ОАО «СУМЫХИМПРОМ»*

***СумГНИИ МИНДИП*

****ЗАО «Крымский ТИТАН»*

По инициативе ряда предприятий, прежде всего ОАО «Сумыхимпром», Сумского ГосНИИ МИНДИП и ЗАО «Крымский ТИТАН» в Украине разработан и реализуется комплекс работ под наименованием «Решение проблемы обеспечения агрокомплекса Украины минеральными удобрениями расширенного ассортимента с использованием новых видов фосфатного и иного сырья».

Как известно, Украина является страной, которая имеет крупный аграрный сектор. Конкуренентоспособность продукции, производимой в этом секторе, в существующих экономических реалиях невозможно обеспечить без внедрения современных технологий. Важной стороной реализации таких технологий является обеспечение подразделений агрокомплекса научно-обоснованным количеством фосфорсодержащих удобрений оптимизированного ассортимента.

Однако, после обретения независимости выяснилось, что Украина - страна, в которой данная отрасль оказалась в кризисном состоянии. Особенность структуры этой отрасли заключалась в том, что при наличии серьезной материальной базы по получению фосфорсодержащих удобрений в Украине полностью отсутствовала инфраструктура добычи и обогащения фосфатного сырья. Недостатком данной отрасли являлось и то, что все производственные мощности по получению фосфорсодержащих удобрений ориентированы на переработку только апатита Хибинского месторождения, а ассортимент удобрений ограничивался 3-4 наименованиями при преобладании аммофоса и суперфосфата.

По ряду объективных и субъективных причин оказалось, что традиционная связь с таким поставщиком сырья, как ОАО «Апатит», Россия, при формировании рыночных отношений быстро стала сворачиваться и полностью прекратилась к концу 90-х годов. В Украине такое положение поставило отрасль производства фосфорсодержащих удобрений в катастрофические условия. В сложившейся ситуации были