



УДК 621.313.17: 621.928

СРАВНЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОРОВ

COMPARISON OF CONSTRUCTIONS OF ELECTRODYNAMIC SEPARATORS ON THE BASIS OF LINEAR INDUCTORS

Бубнова Мария Алексеевна, магистрант каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: beautibe@yandex.ru

Гладкова Ольга Александровна, студентка каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: lelya.gladkova.97@mail.ru

Коняев Андрей Юрьевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Электротехника и электротехнологические системы», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: a.u.konyaev@urfu.ru

Maria A. Bubnova, master student, Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: beautibe@yandex.ru

Olga A. Gladkova, student, Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: lelya.gladkova.97@mail.ru

Andrey Yu. Konyaev, Doctor Sc., Prof., Department of «Electrical engineering and electrotechnological systems», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: a.u.konyaev@urfu.ru

Аннотация: Показана целесообразность применения электродинамических сепараторов с бегущим магнитным полем для извлечения цветных металлов из различных видов твердых отходов. Выполнены сравнения сепараторов при разной конструкции линейных индукторов.

Abstract: The expediency of using electrodynamic separators with a traveling magnetic field for extraction of non-ferrous metals from various types of solid waste is shown. Comparisons of separators with different design of linear inductors.

Ключевые слова: твердые отходы; электродинамические сепараторы; результаты исследований.

Key words: solid waste; eddy current separators; research results.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленной переработки твердых отходов является одной из важнейших эколого-экономических задач. Современный подход предполагает максимальное извлечение из отходов утилизируемых фракций с последующим использованием их в качестве вторичного сырья. Наиболее ценными материалами, содержащимися в отходах, являются черные и цветные металлы. Для извлечения черных металлов применяют магнитные сепараторы – железоотделители, для извлечения из потока отходов цветных металлов чаще всего используют электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем [1-3]. При этом для магнитной сепарации используют серийно выпускаемое оборудование. Для

электродинамической сепарации возможно применение установок, отличающихся разным способом возбуждения бегущего магнитного поля. В зарубежной практике чаще всего отдают предпочтение установкам на основе индукторов с вращающимися постоянными магнитами, отличающимся низким энергопотреблением. В то же время возможности установок на основе трехфазных линейных индукторов до конца не изучены.

В данной работе рассмотрены некоторые варианты конструкций электродинамических сепараторов на основе линейных индукторов и оцениваются перспективы их применения при обработке твердых отходов.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первые попытки использования сепараторов на основе линейных индукторов для извлечения цветных металлов из твердых отходов относятся к концу 70-х годов прошлого века [1-2]. В этот период промышленное применение получили и разработки Уральского политехнического института (ныне Уральского федерального университета) [4-5]. Опыт эксплуатации таких установок позволил выявить их основные недостатки:

- большая потребляемая из сети мощность, обусловленная, прежде всего, использованием открытой магнитной системы индукторов (коэффициент мощности установок может составлять 0,05-0,15);
- существенная зависимость качества сепарации от крупности металлических включений (основные потери металла приходятся на мелкую фракцию крупностью менее 40 мм).

Выполняемые в УрФУ исследования направлены на выяснение причин указанных недостатков и на поиск путей их устранения. Например, очевидно, что проблема повышенного энергопотребления может быть эффективно решена при компенсации реактивной энергии установок. Один из электродинамических сепараторов, разработанных в университете, имел в своем составе два линейных индуктора, общая потребляемая мощность которых составляла 220 кВА. Из-за существенной несимметрии токов компенсация реактивной мощности удалась лишь частично: после установки конденсаторов потребляемая мощность снизилась до 80 кВА при коэффициенте мощности на уровне 0,15 [3]. Исследования, выполненные в последние годы, показали ряд возможностей решения задачи. Наибольший эффект дает создание установок, в которых обеспечена симметрия фазных токов. Одним из вариантов таких сепараторов предполагает использование модульной конструкции линейного индуктора с количеством модулей в установке, кратным трем. Классическая транспозиция фаз обеспечивает в этом случае возможность повышения коэффициента мощности до уровня 0,90-0,95 с соответствующим понижением потребляемой из сети мощности (в рассмотренном ранее примере до 13-15 кВА).

Более сложным является решение второй задачи: повышение эффективности извлечения включений цветных металлов крупностью менее 40 мм. Одним из путей повышения электромагнитных усилий извлечения является использование обратных магнитопроводов, а также применение двухсторонней конструкции линейных индукторов. Такие варианты становятся возможны при предварительном разделении потока отходов

по крупности с выделением фракции с размерами частиц менее 50 мм. Характеристики описанного в [3] промышленного сепаратора на основе одностороннего индуктора с полюсным делением 186 мм, принятые в качестве базы для сравнения, показаны на рис. 1. Показанные зависимости соответствуют различным расстояниям от поверхности индуктора до алюминиевых частиц (10, 30, 50 мм – цифры на графиках). Для сравнения на рис. 2 представлены требуемые усилия, минимально необходимые для выведения частиц металла за пределы конвейерной ленты шириной 1200 мм.

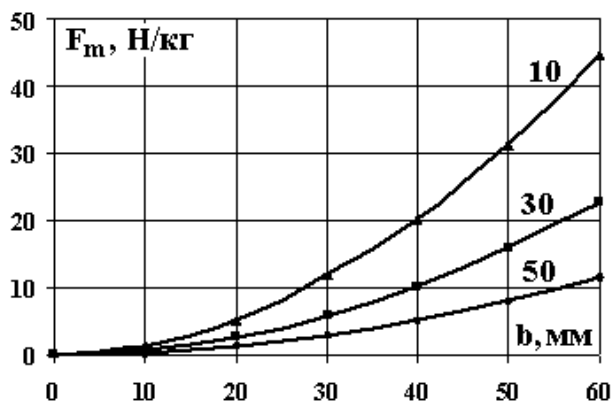


Рис. 1. Зависимости удельного электромагнитного усилия от крупности частиц для сепаратора с односторонним индуктором

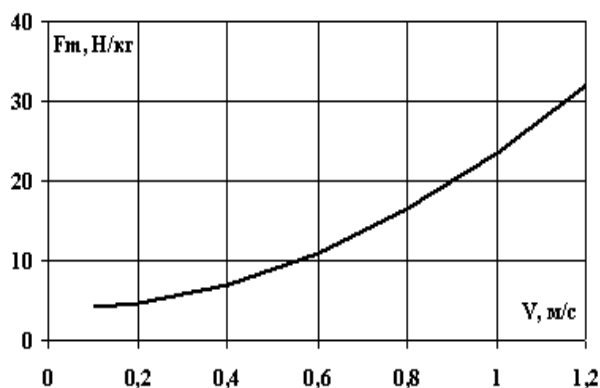


Рис. 2. Оценка требуемых для сепарации электромагнитных усилий

Как видно на рис. 1, удельные усилия извлечения снижаются с уменьшением размеров частиц. При крупности частиц менее 40 мм значения усилий извлечения, достигаемые в рассматриваемом сепараторе, не превышают 20 Н/кг, требуемых для высокопроизводительных промышленных установок (при скоростях конвейера 1,0-1,2 м/с). Этим и объясняются указанные ранее проблемы с извлечением из отходов мелких фракций металлов.

Характеристики сепараторов для других конструкций линейных индукторов приведены на рис. 3 и 4. Расчеты выполнены при одинаковой токовой нагрузке индукторов для немагнитных зазоров 60 мм.

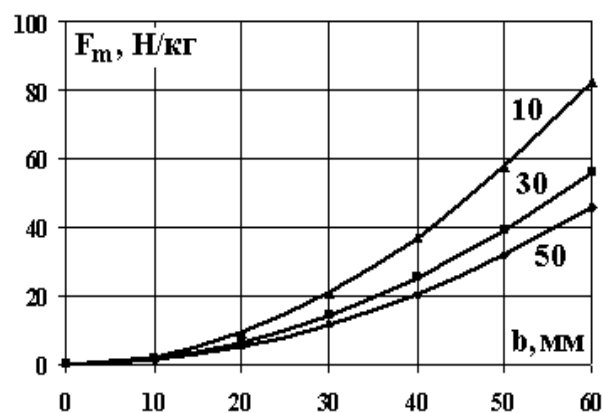


Рис. 3. Зависимости удельного электромагнитного усилия от крупности частиц для сепаратора с односторонним индуктором и обратным магнитопроводом

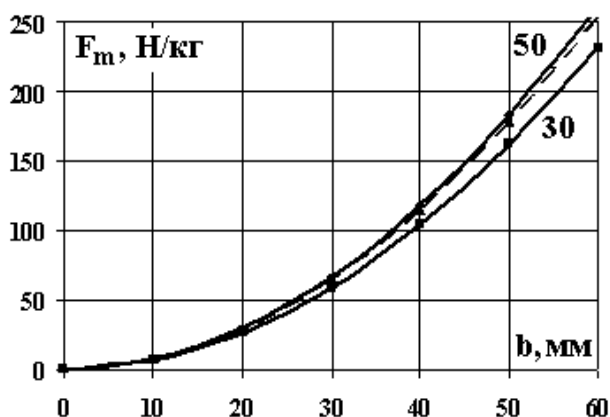


Рис. 4. Зависимости удельного электромагнитного усилия от крупности частиц для сепаратора с двухсторонним индуктором

Сравнение зависимостей на рис. 1 и 3 показывает, что установка обратного магнитопровода приводит к существенному повышению электромагнитных усилий извлечения и снижает их зависимость от удаленности частиц от поверхности индуктора. Такой вариант сепаратора позволяет извлекать частицы металлов с

размерами частиц более 30 мм при средних скоростях подачи материала.

Еще больший эффект дает использование двухстороннего линейного индуктора. Показанные на рис. 4 характеристики свидетельствуют о возможности извлечения частиц металла крупностью от 10-15 мм даже при высокой скорости подачи отходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выполненные исследования показывают, что недостатки, присущие ранее созданным электродинамическим сепараторам на основе трехфазных линейных индукторов, могут быть преодолены. Для практического использования в установках по переработке отходов могут быть рекомендованы как линейные индукторы модульной конструкции, позволяющие улучшить характеристики установок за счет симметрирования токов, так и двухсторонние линейные индукторы, позволяющие сепарировать мелкие фракции твердых отходов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология твердых бытовых отходов / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставровский, А.В. Олейник – М.: Альфа-М, Инфра-М, 2011. 400 с.
2. Wilson R.J., Veasey T.J., Squires D.M. Application of mineral processing techniques for the recovery of metal from post-consumer wastes / Minerals Engineering, 1994, № 7, pp. 975-984.
3. Устройства для электродинамической сепарации лома и отходов цветных металлов / А.А. Патрик, Н.Н. Мурахин, А.Ю. Коняев, Т.Н. Дерендяева, С.Л. Назаров // Промышленная энергетика, 2001, № 6, с. 16-19.
4. Коняев А.Ю., Абдуллаев Ж.О., Коняев И.А. Сепараторы для извлечения цветных металлов из твердых коммунальных отходов // Твердые бытовые отходы, 2017, № 3, с. 36-39.
5. Особенности электродинамической сепарации мелкой фракции твердых бытовых отходов / А.Ю. Коняев, Ж.О. Абдуллаев, Д.Н. Багин, И.А. Коняев // Экология и промышленность России, 2017, т. 21, № 6, с. 4-9.