



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*В03С 1/08 (2019.08)*

(21)(22) Заявка: 2019133171, 18.10.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.10.2019

Дата регистрации:  
13.03.2020

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 18.10.2019

(45) Опубликовано: 13.03.2020 Бюл. № 8

Адрес для переписки:  
620002, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул.  
Мира, 19, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):  
Абдуллаев Жахонгир Одашжонович (RU),  
Коняев Андрей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)

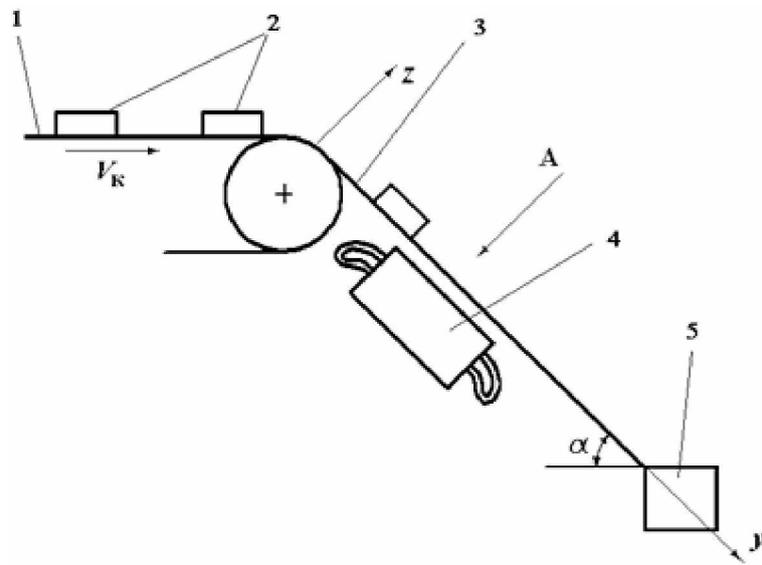
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2497595 C2, 10.11.2013. SU 874193  
A1, 23.10.1981. SU 1144724 A2, 15.03.1985. RU  
182858 U1, 05.09.2018. RU 2158185 C1, 27.10.2000.  
КОНЯЕВ А.Ю. и др. "Исследование процессов  
электродинамической сепарации электронного  
лома", Экология и промышленность России,  
2015, т.19, N4, с. 15-19.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕМАГНИТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОТОКА СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к оборудованию, предназначенному для извлечения включений цветных металлов из потока сыпучих материалов за счет электромагнитных сил, возникающих при взаимодействии бегущего магнитного поля с вихревыми токами, наводимыми этим полем в металле, и может быть использована для отделения цветных металлов от неметаллов при промышленной переработке смешанных отходов и при подготовке технологических смесей, а также при сортировке лома и отходов цветных металлов при подготовке к металлургическому переделу. Устройство для извлечения немагнитных металлов из потока сыпучих материалов, включающее питатель, подающий материал на рабочий орган, выполненный в виде наклонной

неметаллической пластины, под которой расположена электромагнитная система, создающая бегущее магнитное поле, и приемники продуктов разделения, отличается тем, что электромагнитная система выполнена в виде линейного индуктора, трехфазная обмотка которого состоит из двух секций, занимающих левую и правую половины индуктора, создающих встречно бегущие магнитные поля, разбегающиеся от центра индуктора, и характеризующихся симметричным расположением катушек отдельных фаз относительно оси индуктора, но отличающихся противоположным направлением токов в катушках фаз левой и правой секций обмотки.



Фиг. 1

Полезная модель относится к оборудованию, предназначенному для извлечения включений цветных металлов из потока сыпучих материалов за счет электромагнитных сил, возникающих при взаимодействии бегущего магнитного поля с вихревыми токами, наводимыми этим полем в металле, и может быть использовано для отделения цветных металлов от неметаллов при промышленной переработке смешанных отходов и при подготовке технологических смесей, а также при сортировке лома и отходов цветных металлов при подготовке к металлургическому переделу.

Известно устройство для извлечения немагнитных металлов из потока сыпучих материалов, включающее питатель, подающий материал на рабочий орган, выполненный в виде наклонной немагнитной пластины, под которой расположена электромагнитная система, создающая бегущее магнитное поле, и приемники продуктов разделения [1. А. с. СССР № 676322, МПК В 03С 1/18. Устройство для удаления металлических предметов из потока сыпучих материалов / Н.И. Горовой. – Заявл. 02.02.1976 № 2318884/22-03, опубл. 30.07.1979. Бюл. № 28. 2. А. с. СССР № 874193, МПК В 03С 1/18. Устройство для удаления немагнитных металлов из потока сыпучего материала / Б.П. Ширшов, А.И. Зимин, Е.М. Букреев, Н.И. Ереснов. – Заявл. 18.07.1979 № 2799722/22-03, опубл. 23.10.1981. Бюл. № 23.]. Недостатком известного устройства является низкая эффективность процессов разделения.

Наиболее близким техническим решением, обеспечивающим улучшение качества сепарации, является устройство, описанное в [Коняев А.Ю., Багин Д.Н., Якушев Н.С. Исследование процессов электродинамической сепарации электронного лома // Экология и промышленность России, 2015, т. 19, № 4, с. 15-19], включающее питатель, рабочий орган, выполненный в виде наклонной немагнитной пластины, электромагнитную систему, в виде трехфазного линейного индуктора, создающего бегущее магнитное поле, и приемники продуктов разделения, отличающееся тем, что материал подается на рабочий орган узким потоком, ширина которого определяется размерами наиболее крупных кусков (частиц) в сепарируемой смеси материалов. Пример устройства показан на фиг. 1 и 2. Подача сепарируемого материала в рабочую зону узким потоком вдоль линии подачи (по оси  $y$ ), обеспечивает снижение сил сопротивления движению извлекаемых из потока металлических включений. При этом траектории движения извлекаемых кусков (частиц) в большей степени определяются электромагнитной силой  $F_{эм}$ , зависящей от их физических свойств (удельная электропроводность и плотность материала). Недостатком известного решения является малая производительность устройства.

Указанный недостаток подтвержден при экспериментальных исследованиях устройства, подобного показанному на фиг. 1 и 2. В качестве сепарируемого материала использовалась смесь алюминиевых частиц и частиц изоляции крупностью менее 10 мм. Смесь подавалась в рабочую зону устройства вдоль линии подачи по желобам разной ширины (10, 20 и 30 мм). Варьируемым в ходе экспериментов параметром являлось расстояние от линии подачи до разделителя потока  $R$ . Трехфазная обмотка индуктора создавала магнитное поле, бегущее в одном направлении. Схема укладки катушек отдельных фаз обмотки в четырехполюсном линейном индукторе экспериментальной установки: ААЗЗВВХХССУУААЗЗВВХХССУУ (здесь А, В, С – начала катушек соответствующих фаз; X, Y, Z – их концы). При работе установки большая часть алюминиевых частиц перемещалась за разделитель, попадая в концентрат целевого продукта, большая часть частиц изоляции не доходила до разделителя потока, попадая в хвосты обогащения. По результатам неоднократно повторенных опытов с использованием методов математической статистики определялись технологические

показатели, характеризующие качество сепарации: степень извлечения алюминия в концентрат  $\epsilon$  и содержание алюминия в концентрате  $\beta$ . Основные результаты экспериментов приведены на фиг. 3. Нетрудно видеть, что при подаче материала по узкому желобу (ширина 10 мм) достигались высокие технологические показатели (степень извлечения металла в концентрат (сплошные линии) и содержание его в концентрате (пунктир) на уровне 95-99%). При увеличении ширины желоба (20 или 30 мм) технологические показатели сепарации заметно ухудшались. Результаты эксперимента показали, что увеличение производительности устройства за счет увеличения объема подаваемого в рабочую зону сепарируемого материала приводит к снижению показателей сепарации, ухудшению качества разделения материала. Это объясняется увеличением сил сопротивления движению металлических частиц при увеличении ширины потока.

Задачей полезной модели является увеличение производительности устройства усилий без ухудшения качества разделения материалов.

Поставленная задача решается путем применения в рассматриваемом устройстве для извлечения немагнитных металлов из потока сыпучих материалов электромагнитной системы в виде трехфазного линейного индуктора, создающего встречно бегущие магнитные поля, разбегающиеся от центра индуктора, и обеспечивающего выход извлекаемых металлов в обе стороны от линии подачи. Такие разбегающиеся магнитные поля создаются разделенной на две секции трехфазной обмоткой линейного индуктора при особом способе распределения катушек по пазам магнитопровода и чередования фаз обмоток индуктора.

Пример реализации полезной модели показан на фиг. 1 и фиг. 4.

Преимущество предлагаемого устройства заключается в том, что при выходе извлекаемых частиц металла в обе стороны от линии подачи, возможно увеличение ширины потока на входе в рабочую зону устройства в два раза по сравнению с вариантом устройства, показанным на фиг. 2. Указанное преимущество достигается при использовании в линейном индукторе устройства трехфазной обмотки, которая состоит из двух секций, занимающих левую и правую половины индуктора и создающих встречно направленные бегущие магнитные поля, и характеризуется симметричным расположением катушек отдельных фаз относительно оси индуктора, но отличается противоположным направлением токов в левой и правой секциях обмотки.

Сущность полезной модели поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 и 4 – пример реализации полезной модели;

фиг. 5 – варианты укладки обмоток линейного индуктора экспериментальной установки;

фиг. 6 – зависимости технологических показателей устройства от положения разделителя потока материалов для случаев однонаправленного бегущего магнитного поля (БМП) и разбегающихся магнитных полей (РБМП).

На фиг. 1 и 4 приведен общий вид предлагаемой полезной модели. Полезная модель содержит: питатель 1, подающий сепарируемый материал 2 потоком заданной ширины на наклонную пластину 3, под которой располагается линейный индуктор 4, катушки отдельных фаз которого уложены таким образом, что создают бегущие магнитные поля, перемещающиеся от центра (разбегающиеся) и обеспечивающие перемещение разделяемых частиц в приемники продуктов разделения 5.

Полезная модель работает следующим образом.

Питатель 1 подает сепарируемый материал 2 по линии подачи (совпадает с осью  $y$ ) на наклонную плоскость 3. Под действием магнитных полей, разбегающихся от центра

линейного индуктора, создаются электромагнитные силы  $F_{эм}$ , обеспечивающие выход частиц металла в обе стороны от линии подачи и перемещение их за разделители потока. Ширина потока на входе в рабочую зону может в два раза превышать наибольший размер частиц в сепарируемой смеси. Это означает увеличение производительности установки в два раза по сравнению с рассмотренным аналогом.

На фиг. 5 показаны варианты схем укладки катушек трехфазной обмотки линейного индуктора, создающей разбегающиеся магнитные поля (на примере экспериментальной установки). Исследования показывают, что необходимое качество разделения материалов достигается при использовании схемы трехфазной обмотки, создающей встречно направленные бегущие магнитные поля по варианту 4, которая состоит из двух секций, занимающих левую и правую половины индуктора, и характеризуется симметричным расположением катушек отдельных фаз относительно оси индуктора, но отличается противоположным направлением токов в катушках фаз левой и правой секций обмотки. Результаты экспериментальных исследований устройства, соответствующего предлагаемой полезной модели, для ширины потока на входе 20 мм приведены на фиг. 6. Нетрудно видеть, что при равной производительности установки (равной ширине потока) в варианте с двухсторонним выходом металла, обеспечиваемом разбегающимися магнитными полями (РБМП), степень извлечения металла в концентрат (сплошные линии) и содержание его в концентрате (пунктир) значительно выше, чем в варианте с односторонним выходом металла (БМП).

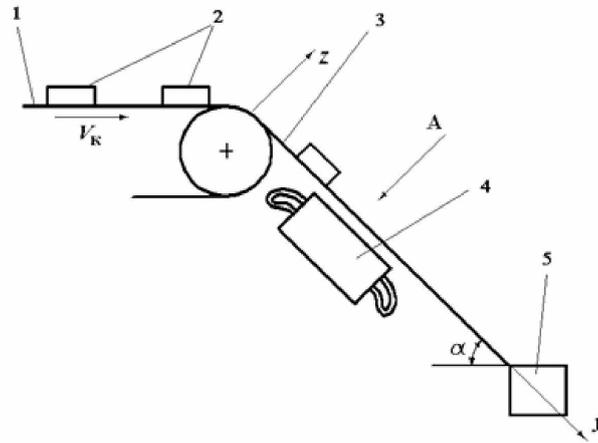
Теоретические и экспериментальные исследования показали, что при использовании схем укладки трехфазных обмоток, создающих разбегающиеся магнитные поля, но отличающихся от варианта 4, появляются существенные искажения в распределении магнитных полей и электромагнитных усилий по длине линейного индуктора, что снижает эффективность работы устройства, либо делает его неработоспособным.

Таким образом, выполненные исследования подтвердили преимущества предлагаемой полезной модели по сравнению с устройством прототипом и показали, что такие преимущества достигаются только при использовании определенной схемы укладки катушек трехфазной обмотки линейного индуктора.

#### (57) Формула полезной модели

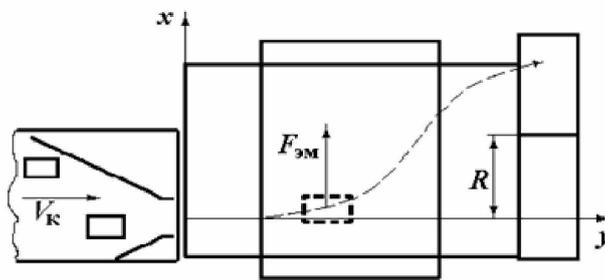
Устройство для извлечения немагнитных металлов из потока сыпучих материалов, включающее питатель, подающий материал на рабочий орган, выполненный в виде наклонной немагнитной пластины, под которой расположена электромагнитная система, создающая бегущее магнитное поле, и приемники продуктов разделения, отличающееся тем, что электромагнитная система выполнена в виде линейного индуктора, трехфазная обмотка которого состоит из двух секций, занимающих левую и правую половины индуктора, создающих встречно бегущие магнитные поля, разбегающиеся от центра индуктора, и характеризующихся симметричным расположением катушек отдельных фаз относительно оси индуктора, но отличающихся противоположным направлением токов в катушках фаз левой и правой секций обмотки.

1



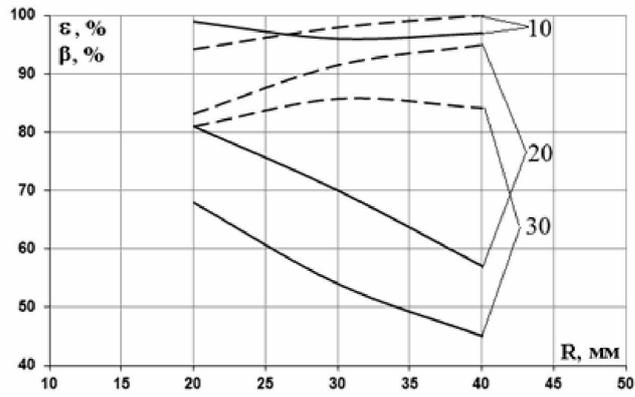
Фиг. 1

Вид А (прототип)



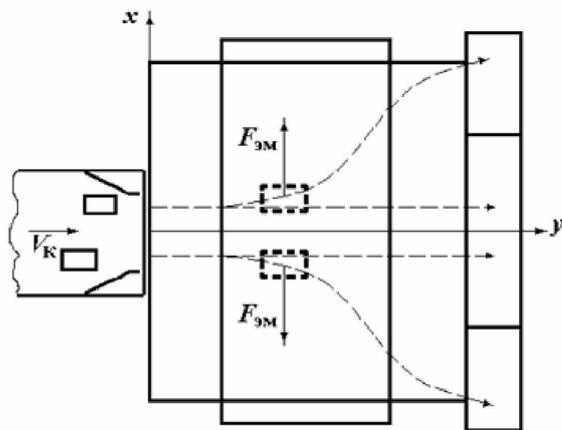
Фиг. 2

2



Фиг. 3

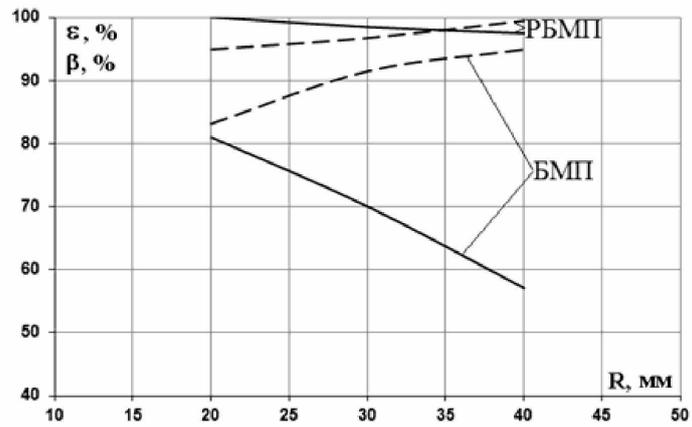
Вид А (предлагаемое решение)



Фиг. 4

$N_{\pi}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1p	Y	Y	C	C	X	X	B	B	Z	Z	A	A	A	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y
2p	A	A	Y	Y	C	C	X	X	B	B	Z	Z	A	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y
3p	Z	Z	A	A	Y	Y	C	C	X	X	B	B	A	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y
4p	B	B	Z	Z	A	A	Y	Y	C	C	X	X	A	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y
5p	X	X	B	B	Z	Z	A	A	Y	Y	C	C	A	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y
6p	C	C	X	X	B	B	Z	Z	A	A	Y	Y	A	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y

Фиг. 5



Фиг. 6