

«Способ непрерывной магнитной сепарации слабомагнитных материалов и устройство для его осуществления»

Изобретение относится к области магнитной сепарации слабомагнитных материалов по магнитным свойствам, в частности, в горнорудной, химической и других областях промышленности.

Известен способ непрерывной магнитной сепарации слабомагнитных материалов [1], который включает подачу обогащаемого материала в зазор между удлиненными ферромагнитными телами, вертикальная плоскость симметрии которого перпендикулярна магнитному полю, а боковые поверхности ферромагнитных тел, повернутые к зазору, имеют криволинейный профиль в поперечном сечении; перемещение материала в направлении к месту удаления немагнитных частиц из зазора в немагнитный продукт сепарации; выведение магнитных частиц из потока обогащаемого материала и перемещение к месту их удаления из зазора в магнитный продукт сепарации; удаление немагнитных частиц, оставшихся в потоке обогащаемого материала, в немагнитный продукт сепарации.

Недостатком данного способа является перемещение обогащаемого материала от места подачи его в зазор между ферромагнитными телами в направлении к месту удаления немагнитных частиц из зазора в немагнитный продукт сепарации. Вследствие этого, чтобы вывести магнитные частицы из потока обогащаемого материала, а затем отвести их на достаточное удаление для предотвращения взаимного загрязнения магнитного и немагнитного продуктов сепарации, необходимо перпендикулярно направлению движения материала создать поле магнитных сил соответствующей протяженности, что требует больших затрат энергии.

Данный способ реализуется в устройстве [1], которое состоит из магнитной системы с наклонными наконечниками, поверхности которых, повернутые к межполюсному зазору, имеют в поперечном сечении криволинейный профиль; установленной между ними наклонной камеры; устройства для подачи в камеру предназначенного для обогащения материала; устройств для удаления магнитного и немагнитного продуктов сепарации; причем стенки камеры, которые расположены параллельно магнитному полю, являются в тоже время параллельными направлению от устройства для подачи обогащаемого материала до устройства для удаления немагнитного

продукта сепарации. Принцип действия устройства состоит в следующем. Материал, предназначенный для обогащения, поступает в наклонную камеру и движется вниз вдоль ее нижней продольной стенки к устройству для удаления немагнитного продукта сепарации. Благодаря заданной ориентации магнитного поля и криволинейной поверхности полюсных наконечников в камере создаются магнитные силы направленные перпендикулярно вверх от траектории движения материала. Под действием этой силы магнитные частички выходят вверх из потока материала и перемещаются к устройству для удаления магнитного продукта сепарации. Немагнитные частички, которые остались в потоке материала, поступают в устройство для удаления немагнитного продукта.

Недостаток данного устройства заключается в размещении вышеуказанных стенок камеры параллельно направлению от устройства для подачи предназначенного для обогащения материала к устройству для выделения немагнитного продукта сепарации. Такое размещение стенок камеры требует дополнительной энергии для направления магнитных частиц к устройству для выделения магнитного продукта.

Прототип ?2? заявляемого способа включает подачу предназначенного для обогащения материала в зазоры между удлиненными ферромагнитными телами, продольные наклонные кромки которых имеют криволинейный профиль в поперечном сечении, а общая касательная к этим кромкам плоскость ориентирована под прямым углом к направлению магнитного поля; удаление магнитных частиц из потока предназначенного для обогащения материала в магнитный продукт сепарации; удаление немагнитных частиц сквозь зазоры между ферромагнитными телами в немагнитный продукт сепарации, причем подачу и дальнейшее перемещение предназначенного для обогащения материала осуществляют под острым углом к общей касательной к продольным наклонным кромкам ферромагнитных тел плоскости по направлению к месту выведения немагнитных частиц в немагнитный продукт сепарации.

При мокром обогащении подают воду в контакте с потоком пульпы предназначенного для обогащения материала и по одну сторону относительно общей к ферромагнитным телам касательной плоскости в направлении к месту выведения магнитных частиц в магнитный продукт сепарации.

Недостаток прототипа заявляемого способа заключается в перемещении потока предназначенного для обогащения материала под острым углом к общей для ферромагнитных тел плоскости, расположенной по касательной

к их продольным наклонным кромкам, по направлению к месту удаления немагнитного продукта сепарации. Такое перемещение вызывает необходимость выведения магнитных частиц из потока обогащаемого материала и направления траектории их движения к месту выведения магнитного продукта сепарации. Осуществление поворота в траектории движения требует затрат энергии на преодоление сил инерции магнитных частиц и, в случае мокрого обогащения, скоростного напора пульпы, которые стремятся затолкнуть магнитные частицы в зазоры между ферромагнитными телами, откуда они обязательно поступят в немагнитный продукт сепарации.

Прототип заявляемого устройства состоит из магнитной системы, между полюсными концевиками которой установлены разделенные зазорами удлиненные ферромагнитные тела, верхние продольные наклонные кромки которых имеют в поперечном сечении криволинейный профиль, а общая касательная к этим кромкам плоскость ориентирована под прямым углом к направлению магнитного поля; устройства для подачи предназначенного для обогащения материала, которое размещено над общей касательной к продольным наклонным кромкам ферромагнитных пластин плоскостью; стенок и перегородок, предназначенных для задания наклона траектории движения обогащаемого материала относительно этой общей касательной плоскости; устройств для удаления немагнитного и магнитного продуктов сепарации, причем, поверхности стенок и перегородок, которые задают наклон траектории движения обогащаемого материала, размещены под острым углом к общей касательной плоскости ферромагнитных тел.

В случае мокрого обогащения прототип снабжен приспособлением для подачи воды, которое размещено с той же стороны относительно общей к ферромагнитным телам касательной плоскости, что и приспособление для подачи обогащаемого материала.

Принцип действия прототипа заключается в следующем. Обогащаемый материал подают в зазоры между находящимися в магнитном поле удлиненными ферромагнитными телами. При заданной ориентации ферромагнитных тел относительно магнитного поля на уровне и выше их закругленных кромок создается направленная из зазоров магнитная сила. Эта сила удерживает магнитные частицы от движения вниз сквозь зазоры под действием сил инерции и тяжести, а при мокром обогащении – еще и скоростного напора пульпы, и они движутся над зазорами выше продольных наклонных кромок ферромагнитных тел к устройству для

удаления магнитного продукта. Немагнитные частички, не испытывающие поддерживающего действия магнитных сил, движутся вниз сквозь зазоры между ферромагнитными телами и поступают в устройство для удаления немагнитного продукта сепарации.

Недостатком прототипа заявляемого устройства является размещение поверхностей стенок и перегородок, которые задают наклон траектории движения обогащаемого материала, под острым углом к общей касательной плоскости ферромагнитных тел. При таком размещении стенок и перегородок подаваемый на обогащение материал, а вместе с ним и магнитные частички, направляются сквозь зазоры между ферромагнитными телами в немагнитный продукт сепарации. Следствием этого является необходимость дополнительной затраты энергии для поворота траектории движения магнитных частиц в направлении к месту выведения магнитного продукта.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствовать способ ?? непрерывной магнитной сепарации слабомагнитных материалов и устройство для осуществления этого способа путем создания условий для устранения затрат энергии на преодоление сил инерции и скоростного напора пульпы, которые стремятся затолкнуть магнитные частицы в зазор между ферромагнитными телами. Это позволило бы уменьшить затраты энергии без уменьшения извлечения магнитных частиц в магнитный продукт сепарации.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в способе непрерывной магнитной сепарации слабомагнитных материалов, который включает подачу обогащаемого материала к зазорам между удлиненными ферромагнитными телами, продольные наклонные кромки которых имеют криволинейный профиль в поперечном сечении, а общая касательная к этим кромкам плоскость ориентирована под прямым углом к направлению магнитного поля; удаление немагнитных частиц вниз сквозь зазоры между ферромагнитными телами в немагнитный продукт сепарации; удаление магнитных частиц в магнитный продукт сепарации, согласно изобретению, подачу и дальнейшее перемещение предназначенного для обогащения материала осуществляют в направлении к месту извлечения магнитных частиц в магнитный продукт сепарации параллельно продольным наклонным кромкам удлиненных ферромагнитных тел под углом $30^{\circ} \div 100^{\circ}$ к вертикали.

При мокром обогащении в зазор между ферромагнитными телами в зазор между ферромагнитными телами подают воду в контакте с потоком пульпы

предназначенного для обогащения материала, но с противоположной стороны относительно общей к ферромагнитным телам касательной плоскости, в направлении к месту выведения немагнитных частиц в немагнитный продукт сепарации.

Решение поставленной задачи достигается также тем, что в устройстве для осуществления способа непрерывной магнитной сепарации слабомагнитных материалов, который состоит из магнитной системы с полюсными наконечниками; установленных между ними как минимум двух удлиненных параллельных размещенных относительно друг друга с зазорами наклонных ферромагнитных тел, продольные наклонные кромки которых имеют криволинейный профиль в поперечном сечении и общую плоскость, что их касается, ориентированную под прямым углом к направлению магнитного поля; приспособления для подачи предназначенного для обогащения материала, которое размещено над общей касательной к продольным наклонным кромкам ферромагнитных пластин плоскостью; стенок и перегородок, предназначенных для задания наклона траектории движения обогащаемого материала относительно этой общей касательной плоскости; приспособлений для отвода немагнитного и магнитного продуктов сепарации, согласно изобретению, поверхности стенок и перегородок, которые задают наклон траектории движения обогащаемого материала, размещены параллельно общей касательной к ферромагнитным телам плоскости под углом 30° к вертикали.

В случае мокрого обогащения устройство снабжено приспособлением для подачи воды, которое размещено под общей касательной к ферромагнитным телам плоскостью.

Вдоль боковых поверхностей ферромагнитных пластин по всей высоте сепарационного канала установлены примыкающие к ним пластинки из немагнитного материала.

Причинно-следственная связь между признаками изобретения и достигаемым результатом (создание условий, которые позволяют уменьшить индукцию магнитного поля без уменьшения извлечения магнитных частиц в магнитный продукт сепарации) заключается в следующем. При подаче и перемещении обогащаемого материала параллельно продольным наклонным кромкам ферромагнитных тел с криволинейным профилем в поперечном сечении сила инерции частиц не имеет компоненты, которая бы действовала против направленной из зазора магнитной силы и заставляла бы магнитные частицы войти в зазоры между ферромагнитными телами, после чего они могут двигаться дальше в

немагнитный продукт сепарации. Это же относится и к скоростному напору пульпы на частицы при осуществлении мокрого процесса сепарации. В этом случае возникает необходимость перемещения воды по зазорам ниже кромок ферромагнитных тел, выше которых перемещается пульпа. Без этой воды поток пульпы обязательно бы расширялся, создавая именно те компоненты скоростного напора, которые бы заставляли магнитные частицы преодолеть магнитные силы и войти в зазоры между ферромагнитными телами. Таким образом, при подаче обогащаемого материала параллельно продольным наклонным кромкам ферромагнитных тел, но выше общей для них касательной плоскости, а в случае мокрого обогащения – еще и при подаче воды в зазоры между ферромагнитными телами ниже этой плоскости, нет сил инерции и скоростного напора пульпы, которые были бы направлены в зазоры. Благодаря этому только направленная вниз сила тяжести понуждает магнитные частицы к движению по направлению к зазорам между ферромагнитными телами. В сравнении с прототипом это дает возможность уменьшить индукцию магнитного поля без уменьшения извлечения магнитных частиц в магнитный продукт, или при одинаковой индукции магнитного поля достигнуть большего извлечения магнитных частиц.

Экспериментальным путем установлено, что рациональный угол наклона продольных наклонных кромок ферромагнитных тел к вертикали составляет $30^{\circ} \pm 10^{\circ}$. При меньшем угле немагнитные частицы не успевают выйти из потока магнитных частиц и поступают в магнитный продукт, загрязняя его. При большем угле наклона уменьшается скорость движения материала по зазорам между ферромагнитными телами, вследствие чего ухудшаются показатели обогащения.

Ориентация параллельных ферромагнитных тел относительно магнитного поля задана тем, что общая плоскость, которая касается продольных наклонных кромок ферромагнитных тел, размещена под прямым углом к магнитному полю. При такой ориентации магнитная сила направлена из зазоров между ферромагнитными телами. Физика этого явления подробно изложена в литературе [2, 4].

Благодаря тому, что продольные наклонные кромки имеют в своем поперечном сечении криволинейный профиль, например, закругленный, эллипсовидный и так далее, в зазорах не создаются направленные к ферромагнитным телам магнитные силы, которые были бы достаточны для притяжения и удержания магнитных частиц на стенках зазоров [4].

Для реализации способа был разработан и изготовлен лабораторный

сепаратор. Он состоит из магнитной системы и расположенного между ее полюсными наконечниками сепарационного канала. Последний имеет две размещенные в вертикальных плоскостях продольные наклонные ферромагнитные пластины толщиной 10 мм и длиной 200 мм. Плоскости ферромагнитных пластин ориентированы перпендикулярно поверхностям полюсных наконечников магнитной системы. Пластины установлены с зазором 10 мм относительно друг друга. Верхние продольные кромки пластин закруглены в поперечном сечении и имеют общую плоскость, которая их касается, наклоненную под углом 30° к вертикали. Радиус закругления равен 5 мм. К закругленным кромкам ферромагнитных пластин присоединены пластины из неферромагнитного материала, которые закрывают собой зону действия наибольших притягивающих магнитных сил. К ферромагнитным и неферромагнитным пластинам герметично прикреплены пластины образующие дно и потолочину сепарационного канала. Эти две последние пластины расположены параллельно плоскости, касающейся закругленных кромок ферромагнитных пластин.

Устройство для подачи пульпы обогащаемого материала размещено над зазором выше закругленных в поперечном сечении продольных кромок наклонных ферромагнитных пластин. Его нижняя и верхняя стенки (днище и потолочина) расположены параллельно общей касательной к ферромагнитным телам плоскости. Ниже указанных кромок расположено устройство для подачи воды в зазор между ферромагнитными пластинами. Около нижних концов наклонных ферромагнитных пластин расположены устройства для отвода немагнитного и магнитного продукта сепарации.

Благодаря заданной ориентации поверхностей сепарационного канала и устройства для подачи пульпы последняя движется по зазору параллельно продольным наклонным кромкам ферромагнитных пластин и не создает сил скоростного напора, которые бы стремились направить магнитные частички в зазор между пластинами.

Благодаря заданной ориентации ферромагнитных пластин относительно магнитного поля на уровне их закругленных в поперечном сечении кромок возникают направленные из зазора магнитные силы, детально описанные в литературе [2, 4]. Немагнитные частички под действием силы тяжести беспрепятственно входят в зазор между пластинами и двигаются там дальше к устройству для отвода немагнитного продукта сепарации. Магнитные частички удерживаются магнитными силами от входа в зазор между ферромагнитными пластинами и двигаются над зазором к устройству для отвода магнитного продукта сепарации.

На лабораторном сепараторе обогащалась марганцевая руда крупностью 4–0 мм с содержанием марганца 21,4 %. Пульпа обогащаемой руды подавалась в сепарационный канал со скоростью 0,2 м/с.

Немагнитный кварц под влиянием силы тяжести опускался в зазор между ферромагнитными пластинами и двигался далее в устройство для отвода немагнитного продукта сепарации. Магнитный марганец, который поддерживался магнитными силами, двигался над зазором, который разделяет ферромагнитные пластины, выше их наклонных продольных кромок к устройству для отвода магнитного продукта сепарации.

С целью оценки эффективности предлагаемого способа и устройства обогащение этой же марганцевой руды осуществлялось также на лабораторном сепараторе, который является прототипом заявляемого и был изготовлен по патенту ?2?. В соответствии с этим патентом пульпа в сепаратор подавалась не параллельно, а под острым углом к общей касательной к продольным наклонным кромкам ферромагнитных тел плоскости. Ферромагнитные тела наклонены под углом 80 к вертикали. В воду, которая подавалась с той же стороны упомянутой касательной плоскости, что и пульпа, переходили магнитные частички. Результаты опробования приведены в таблице.

Согласно приведенным данным заявляемый сепаратор дал те же результаты обогащения, что и его прототип, но при индукции в полтора раза меньшей (0,6 Тл вместо 0,9 Тл). Это подтверждает эффективность нового способа обогащения и устройства для его реализации. В случае обогащения по патенту ?2? при размещении наклонных продольных кромок ферромагнитных тел под углом 300 к вертикали, магнитные частицы в магнитный продукт почти не извлекались.

Таблица 1.

Показатели обогащения которая заявляются согласно патенту 2	Сепарационная камера	
	магнитная индукция, Тл	0,6
Содержание марганца в		
немагнитном продукте, %	1,4	1,9
магнитном продукте, %	40,2	40,8

Сепаратор включает магнитную систему 1, в межполюсном зазоре которой установлен один или несколько рядов удлиненных наклонных ферромагнитных тел в виде пластин 2, размещенных с зазорами 3 относительно друг друга. Плоскости пластин вертикальны и параллельны магнитному полю. Как пример, на рисунках дан один ряд пластин. Верхние продольные наклонные кромки 4 пластин в поперечном сечении закруглены. К этим кромкам прилегают немагнитные пластины 5, которые закрывают зону, где притягивающие магнитные силы являются наибольшими. Пластины и разделяющие их дистанционные прокладки в данном случае выполнены как единое целое.

Приспособление 6 для подачи пульпы обогащаемого материала размещено выше продольных закругленных в поперечном сечении наклонных продольных кромок ферромагнитных тел. Ниже этих кромок имеется приспособление 7 для подачи воды в зазоры между ферромагнитными пластинами.

Нижние и верхние поверхности приспособления для подачи пульпы и дистанционные прокладки между ферромагнитными и немагнитными пластинами, задающие наклон траектории движения обогащаемого материала, размещены параллельно общей касательной к ферромагнитным телам плоскости под углом $30^{\circ} \pm 10^{\circ}$ к вертикали.

Около нижних концов наклонных ферромагнитных пластин имеются приспособления для отвода немагнитного 8 и магнитного 9 продуктов сепарации.

Вдоль боковых поверхностей ферромагнитных пластин по всей высоте сепарационного канала установлены примыкающие к ним пластинки 10 из немагнитного материала.

Пульпа из приспособления 6 поступает в зазоры между немагнитными пластинами 5 выше и параллельно продольным закругленным в поперечном сечении кромкам наклонных ферромагнитных пластин. Ниже этих кромок в зазоры между ферромагнитными пластинами из приспособления 7 подается вода.

Немагнитные частички (белые) под действием силы тяжести опускаются вниз и по зазорам между ферромагнитными пластинами транспортируются водой к приспособлению 8 для отвода немагнитного продукта сепарации. Магнитные частички (черные) поддерживаются магнитной силой, которая направлена из зазоров между ферромагнитными пластинами, и по зазору между немагнитными пластинами транспортируется пульпой, в которой

постепенно уменьшается количество немагнитных частиц, к приспособлению 9 для отвода магнитного продукта.

Немагнитные пластины 5 могут не использоваться, если нет жестких требований к чистоте магнитного продукта. Это позволяет увеличить извлечение магнитных частиц в магнитный продукт и упростить конструкцию сепаратора. Роль немагнитных пластин в этом случае выполняют слабомагнитные частички, которые притянулись с криволинейной поверхности продольных наклонных кромок ферромагнитных тел. Эти частички притягиваются из той части материала, которая перемещается над ферромагнитными пластинами, а не над зазорами между ними.

Причинно-следственная связь между существенными признаками устройства и достигаемым результатом заключается в том, что устройство позволяет реализовать существенные признаки заявляемого способа обогащения слабомагнитных материалов.

При мокром обогащении нижние и верхние поверхности приспособления для подачи пульпы, а также нижняя и верхняя внутренние поверхности сепарационного канала (на рисунках это обращенные во внутрь канала поверхности дистанционных прокладок между пластинами) задают направление движения пульпы, а, следовательно, и обогащаемого материала относительно общей касательной к ферромагнитным телам плоскости. Поэтому они размещены параллельно этой плоскости под углом 30° к вертикали.

При сухом обогащении параллельной общей касательной к ферромагнитным телам плоскости может быть только нижняя поверхность приспособления для подачи питания, по которой обогащаемый материал скользит перед входом в зону сепарации. В данном случае только эта поверхность определяет направление движения материала. Двигаясь в зоне сепарации над зазором между ферромагнитными пластинами обогащаемый материал не поддерживается какой либо жесткой поверхностью. Немагнитные частицы, после их выхода из потока обогащаемого материала вниз в зазор между ферромагнитными телами, становятся продуктом обогащения, а не обогащаемым материалом. Направление их движения ни как не влияет на процесс разделения остальной части обогащаемого материала. Поэтому перемещение немагнитных частиц после входа в зазор между ферромагнитными телами может осуществляться по поверхности с любым необходимым углом наклона.

Благодаря описанному расположению поверхностей устройства для подачи питания и сепарационной камеры, которые определяют направление движения обогащаемого материала, магнитные частички внутри сепарационной камеры перемещаются параллельно продольным закругленным кромкам ферромагнитных тел и не имеют такой составляющей своей скорости, которая была бы направлена в зазоры между ферромагнитными пластинами. Отсутствие такой составляющей скорости позволяет, в сравнении с прототипом, уменьшить магнитную силу, необходимую для удержания магнитных частиц от входа в зазоры между ферромагнитными пластинами, откуда они неизбежно поступали бы в немагнитный продукт сепарации. Уменьшение магнитной силы приводит к уменьшению потребляемой энергии при том же извлечении магнитных частиц в магнитный продукт сепарации.

При мокром обогащении, согласно способу, воду необходимо подавать ниже продольных наклонных кромок ферромагнитных тел, что достигается с помощью соответствующей установки приспособления для ее подачи.

Благодаря установке пластинок из немагнитного материала вдоль боковых поверхностей ферромагнитных пластин устраняется их абразивный износ последних, а следовательно, и искажение профиля их скругленных поверхностей. Это позволяет сохранить картину действующих в сепарационном пространстве магнитных сил. Немагнитные пластинки могут быть легкоъемными для создания возможности быстрой замены .

Ширина зазора между ферромагнитными пластинами зависит от размера и магнитных свойств частиц обогащаемого материала.

Сепаратор может изготавливаться серийно с помощью стандартного оборудования.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ:

- Пат. США № 2056426, приоритет от 05.02.36;
- Пат. Украины № 15096 А, приоритет от 29.03.93.;
- Пат. США № 5568869 А, приоритет от 29.10.96.
- Svoboda J., Magnetic Methodh for the Treatment of Minerals, Elsevier Science Publishers B.Y., Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 1987 – с. 286.

АВТОРЫ: ТУРКЕНИЧ А. М., ТУРКЕНИЧ Р. И.