

- Комфортнее работать оператору – не требуется точное позиционирование по координатам X,Y и существенно ниже нагрузка на зрение.
- Результаты контроля более объективные, так как отсутствует субъективный фактор, имеющий место при позиционировании визира на кромке шаблона.
- На модернизированном микроскопе возможно выполнение любых линейных и угловых измерений плоских деталей. Большие преимущества дает применение измерительной программы ГеоАРМ-2D, имеющей все функции современного программного обеспечения координатно-измерительных машин, адаптированной для измерений в плоскости.

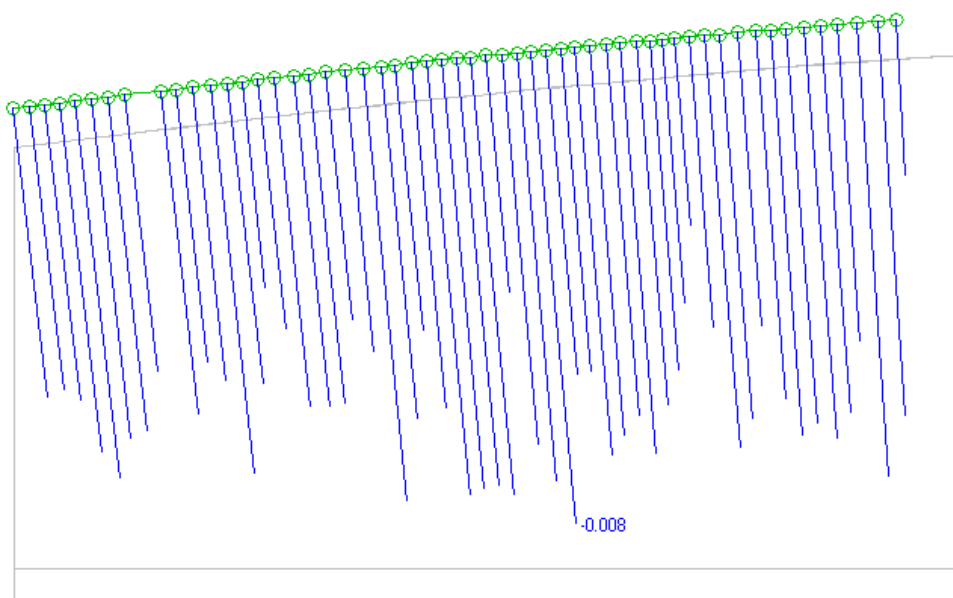


Рис. 4. Диаграмма отклонений профиля шаблона.

Что касается контроля по математическим моделям, то, кроме шаблонов, возможно его применение для копиров, вырубных штампов и других деталей с криволинейными контурами.

Литература

1. Суслин В.П., Макаров А.И., Джунковский А.В., Шутер М.Г. Программы измерений и контроля деталей автомобильной техники. //«Автомобильная промышленность», № 3, 2005 г., с.39-40.
2. Суслин В.П., Суслин А.В., Макаров А.И. Геометрический контроль изделий сложной формы. // "САПР и графика" № 9, 1999 г., с.76-78.

Метод экспериментального исследования рабочей зоны магнитного сепаратора с получением прямых данных силы захвата

д.т.н., проф. Сандуляк А.В., к.т.н., доц. Сандуляк А.А., Ершова В.А.,
д.т.н., проф. Нюнин Б.Н., Пугачева М.Н.
МГТУ «МАМИ»

Опробованы различные (в том числе не зарекомендовавший себя баллистический) методы определения силовых характеристик рабочей зоны очистного аппарата. Разработан и реализован новый метод, основанный на принудительном дрейфе феррочастицы по дистанционно позиционируемой площадке сквозь эту зону (с последующим вычислением нормальной составляющей силы захвата)

В сыпучих средах различных производств (сырье, готовая продукция) практически всегда содержатся ферровключения. Они ухудшают качество этих сред, уменьшают надежность и долговечность работы оборудования, отрицательно влияют на технологические и экологи-

ческие показатели производств. А при их наличии в сырьевых компонентах пищевых продуктов (зерно, мука, сахар, соль, дробленные орехи, какао-бобы, зерна кофе и пр.) весьма серьезно снижается экологическая безопасность продуктов питания.

Источником ферровключений, кроме постоянного износа и прогрессирующей во времени коррозии оборудования (особенно в условиях термического и химического воздействия), являются и другие объективные, весьма существенные факторы.

Один из них – это поступление феррочастиц в ту или иную среду после обслуживания оборудования, особенно, связанного с его ремонтом. Даже при самом ответственном отношении к чистоте проведения ремонтно-наладочных работ все же трудно избежать засорения рабочих поверхностей оборудования последствиями резки, сварки, механической обработки металла, фрагментами крепежа и т.д.

Еще один из таких факторов – это изначальное присутствие ферровключений в сырье. В этом смысле весьма показательным является пример, касающийся производства пластмассовых изделий, где в довольно больших масштабах используется так называемая «вторичка» – дробленные отходы (отработанных изделий) из пластмасс. Здесь проблема, связанная с наличием ферровключений, возникает сразу же: содержащиеся в отработанных изделиях встроенные конструкционные элементы и элементов крепежа всегда составляют определенную изначальную «фракцию» получаемого сырья. И, в принципе, зачастую складывается ситуация, когда отработанные пластмассовые изделия приходится либо сбрасывать как загрязняющие окружающую среду твердые бытовые отходы (в случае, если не удастся избавиться от ферропримесей), либо квалифицировать как ценное сырье («вторичка»), восполняющее нехватку дорогостоящего первичного сырья.

В практике очистки различных сыпучих сред от ферровключений известное применение получили магнитные сепараторы решетчатого типа с плоскими магнитными стержнями, представляющими собой профильные неферромагнитные трубки с размещенными в них высокоэнергетичными магнитами, обращенными своими полюсами в межстержневое рабочее пространство, где протекает очищаемая среда.

Но, к сожалению, до настоящего времени, несмотря на положительный опыт применения сепараторов такого типа, все же недостаточно проработанными остаются вопросы, связанные с изучением основных характеристик рабочих зон таких сепараторов. Как правило, для аппаратов такого и подобного им типа приводятся лишь значения индукции (напряженности) поля на поверхности магнитных элементов (магнитов, полюсных наконечников), в лучшем случае – на различном расстоянии от них.

Между тем, одной из важнейших характеристик рабочих зон этих сепараторов должна выступать такая характеристика, по которой можно было бы однозначно судить об условии захвата или проскока феррочастицы.

На первый взгляд, такой характеристикой должно служить энергетическое условие захвата (проскока) феррочастицы. Так, задавая определенную скорость прохождения феррочастицы сквозь рабочую зону, можно определить вначале диапазон скорости v , в пределах которого возможен как захват, так и проскок частиц. Далее, сужая этот диапазон скорости вплоть до граничной скорости $v=[v]$, выше которой осуществляется проскок, а ниже – захват частицы, можно найти и саму граничную кинетическую энергию феррочастицы $W=mv^2/2=m[v]^2/2$. Именно в данном случае она соответствует энергии магнитного захвата $E=W=m[v]^2/2$. При этом параметр $E=W$ и был бы определяющим в проектировании очистного аппарата и выбора режима его работы.

Однако такой, по сути – баллистический метод исследования, в данном случае вряд ли осуществим.

Как показывают опыты, при его реализации, например, путем обеспечения той или иной скорости $v=gt$ свободного падения феррочастицы (в частности, модельного шара массой m) с определенной высоты $h=gt^2/2$ (рис. 1а) весьма трудно обеспечить «доставку» частицы-шара в строго заданную точку рабочей зоны. Малейшие отклонения от заданной точки дают разительные отклонения в значении измеряемой «граничной» энергии.

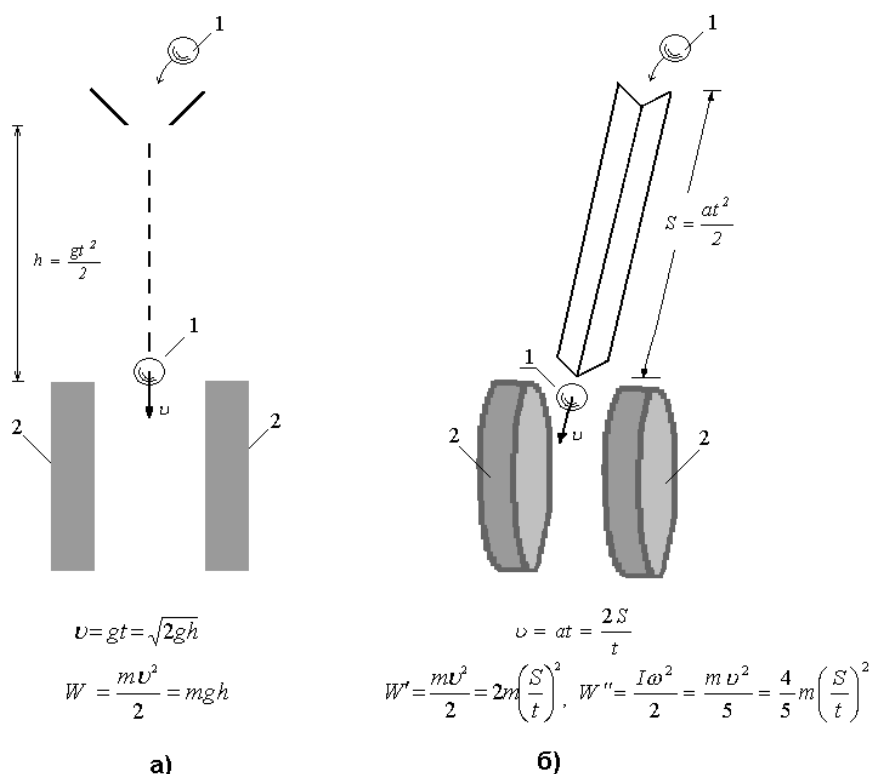


Рис. 1. Принципиальная схема реализации баллистического метода определения магнитной энергии захвата феррочастицы (шара) *1* в зоне между противостоящими магнитными элементами *2* (модуль сепаратора) по её граничной (захват-проскок) скорости $v=[v]$ и кинетической энергии W : а) при свободном падении феррочастицы с определенной высоты h , б) при движении феррочастицы в направляющем желобе длиной S .

От этого недостатка можно избавиться, если для разгона (с ускорением a) модельного шара массой m использовать наклонный желоб (рис. 1б) соответствующей длины S , фиксируя при этом время t разгона и определяя скорость v шара на выходе желоба, т.е. на входе в зону магнитного воздействия.

Однако здесь в дополнение к энергии поступательного движения шара $W^I = mv^2/2$ появляется требующая обязательного учета энергия его вращательного движения $W^{II} = I\omega^2/2$, где $I = 2mR^2/5$ – момент инерции шара массой m и радиусом R , а $\omega = v/R$ – угловая скорость шара.

Нетрудно показать, что для случая идеально катящегося шара (без скольжения) энергия вращательного движения, определяемая как $W^{II} = I\omega^2/2 = mv^2/5 = 4mS^2/5t^2$, составляет 40% энергии поступательного движения, определяемой как $W^I = mv^2/2 = 2mS^2/t^2$, и 29% всей кинетической энергии шара. Следовательно, ошибка в определении W^{II} может существенным образом сказаться на конечном результате определения совокупной кинетической энергии шара и, как следствие – на энергии его магнитного захвата.

Между тем, такая ошибка, к сожалению, вносится всегда из-за объективной неопределенности его угловой скорости ω , так как шар движется по наклонному желобу с частичным скольжением, что не позволяет найти достоверную связь между ω и v (здесь $\omega \neq v/R$). К тому же эта неопределенность усиливается еще и тем обстоятельством, что после отрыва шара от желоба его угловая скорость ω уменьшается, оставаясь неизвестной (и трудноопределяемой) при вхождении в зону магнитного воздействия и, тем более – при прохождении этой зоны.

В этой связи для выявления доступной характеристики, по которой можно было бы вполне определенно судить об условии захвата или проскока феррочастицы, более объективным представляется метод, основанный на принудительном протягивании феррочастицы *1*, находящийся в специальной каретке *2*, сквозь зону магнитного воздействия (рис. 2). Например, такое протягивание целесообразно осуществлять в направлении наиболее частого рабочего движения очищаемой среды – параллельно плоскостям противостоящих магнитов. Для

этого удобно использовать дистанционную площадку 3, располагаемую (в зависимости от условий эксперимента) на определенном расстоянии от одной из поверхностей противостоящих магнитных элементов 4. Необходимая и измеряемая с помощью динамометра 5 сила тяги f обеспечивалась приводимым во вращении блоком 6 при помощи нити 7.

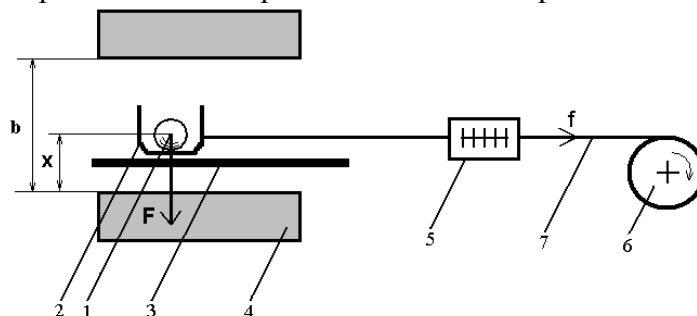


Рис. 2. Схема установки для определения силы перемещения каретки с находящейся в ней феррочастицей в зоне между противостоящими магнитными элементами и силы отрыва системы «каретка-феррочастица» от входного (выходного) порога зоны магнитного воздействия: 1 – феррочастица, 2 – каретка, 3 – дистанционная площадка, 4 – магнитный элемент, 5 – динамометр, 6 – приводимый во вращение блок, 7 – натяжная нить.

Само собой разумеется, что измеряемая в опытах сила тяги f лишь косвенно свидетельствует о магнитной силе F притяжения феррочастицы 1. Но перейти от f к F просто: посредством коэффициента трения скольжения k каретки 2 по дистанционной площадке 3, а именно $F=f/k$, игнорируя за малостью совокупным весом P каретки и феррочастицы ($P \ll F$). При этом, если использовать удобную в таких случаях медную каретку 2 и медную площадку 3, то $k=0,17$.

Что же касается самой магнитной силы F , то, как показывают эксперименты, в подобных случаях речь всегда должна идти о двух её наиболее характерных значениях, существенно отличающихся друг от друга. Первое характерное значение магнитной силы ($F=F_0$) – непосредственно внутри области между противостоящими параллельными между собой магнитными элементами-полюсами с не столь выраженной неоднородностью поля. Второе характерное (явно повышенное) значение магнитной силы ($F=F_n$) – на пороге (входе и выходе) этой области, т.е. у кромок магнитных элементов с явно выраженной неоднородностью и силовым фактором поля.

Магнитная сила захвата (F_0 или F_n) зависит, естественно, от удаленности феррочастицы по отношению к магнитным полюсам, размеров и формы феррочастицы, взаимного удаления полюсов магнитных элементов и пр. И это может составить обширную программу разноплановых экспериментальных исследований на основе описанного здесь нового подхода в изучении принципиально важных характеристик рабочих зон самых различных магнитных сепараторов.

Разумеется, изучив характер магнитной силы в зоне магнитного воздействия, можно составить и решить дифференциальное уравнение движения частицы в этой зоне, а по траектории ее движения судить о захвате или проскоке частицы.

Вместе с тем, принимая во внимание исключительно важную роль сравнительно коротких полеградиентных пороговых (входных и выходных) зон магнитных элементов, представляется целесообразным использовать энергетическое условие захвата [1]:

$$W \leq A, \quad (1)$$

справедливое для уединенной частицы в отсутствие сопротивления и ударного воздействия (особенно при изменении направления ее движения) со стороны потока подвергаемой очистке среды.

С учетом же того, что дрейф феррочастицы 1 размером δ к поверхности магнита 2 (в его пороговую область) должен быть близким к нормальному (рис. 3), фигурирующая в (1) работа силы магнитного захвата A в первом приближении может быть найдена как

$$A \cong \int_{x=x_0}^{x=\delta/2} F \cdot dx, \quad (2)$$

где пределами интегрирования являются первоначальная удаленность феррочастицы $x=x_0$ (по удаленности ее первоначальной траектории к поверхности магнита) и конечное положение ($x=\delta/2$) уже осажденной частицы.

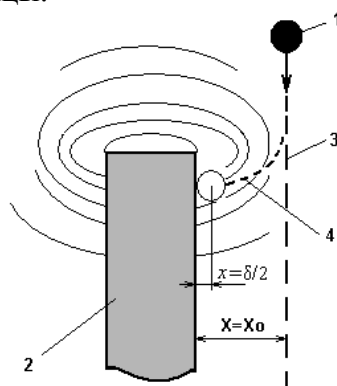


Рис. 3. Иллюстрация дрейфа и захвата феррочастицы 1 магнитным элементом 2; 3 и 4 – первоначальная и фактическая (в зоне магнитного воздействия) траектория феррочастицы.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых – кандидатов наук и их научных руководителей (МК-115.2007.08).

Выводы

Разработан и реализован новый метод определения силовых характеристик рабочей зоны очистного аппарата, основанный на принудительном дрейфе феррочастицы по дистанционно позиционируемой площадке сквозь эту зону (с последующим вычислением нормальной составляющей силы захвата).

Литература

1. Сандуляк А.В. Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов. М.: Химия, 1988, 133с.

Явление поканального намагничивания гранулированной среды: радиальный (пиковый) профиль проницаемости «элементарного» канала

д.т.н., проф. Сандуляк А.В., к.т.н., доц. Сандуляк А.А., Ершова В.А.
МГТУ «МАМИ»

На основании оригинальных представлений о поканальном намагничивании «плотно упакованной» гранулированной среды экспериментально и теоретически изучены закономерности намагничивания квазисплошных сердцевин «элементарного» эффективного канала намагничивания цепочки шаров и его любых «слоев-трубок». Установлен вид радиального профиля магнитной проницаемости канала намагничивания.

1. Среда с контактирующими гранулами как жгут «магнитно-профильных» каналов

Ключевой особенностью всех «плотно упакованных» гранулированных сред (с контактирующими между собой гранулами-зернами), позволяющей сравнительно просто детализировать и, к тому же, – углубить традиционно «конечную» задачу объемного усреднения, является то, что при намагничивании таких сред отчетливо проявляется обнаруженное ранее явление так называемого поканального намагничивания [1-4].

Так, гранулированная среда, как специфичный магнетик, намагничивается селективно, избирательно, по эффективным «элементарным» каналам, сообразно направлению намагничивания, в котором среди множества гранул-звеньев разветвленной скелетной структуры гранулированной среды всегда реально существуют соответствующие (этому направлению)