

фрикционного материала глубиной до 0,005 мм. У образцов, не подвергнутых упрочнению, структура поверхности соответствует структуре сердцевины.

Таким образом, путем макро и микроструктурных исследований установлено, что комбинированная обработка позволяет получить весьма благоприятную текстуру металла на поверхности деталей, позволяющую значительно повысить их износостойкость, что, в свою очередь, дает основание для проведения более глубоких исследований по этой технологии обработки металлов.

### *Литература*

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. -3-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1989.-200 с.
2. Багмутов В.П., Паршев С.Н., Дудкина Н.Г., Захаров И.Н. Электромеханическая обработка: технологические и физические основы, свойства, реализация.- Новосибирск: Наука, 2003.-318 с.
3. Способ обработки стальных и чугунных поверхностей изделий. Патент РФ № 2193606.
4. Яковлев С.А. Пути повышения триботехнических свойств деталей при ремонте машин. Материалы областной межвуз. Науч.-практ. конф. Ульяновск, 2002, с.6.
5. Яковлев С.А., Карпенко М.А. Исследование износостойкости поверхностей стальных деталей после нанесения антифрикционных материалов с последующей электромеханической обработкой. Матер. Всерос. Научно произв. конф. Ульяновск, 2003, Ч 3, с.188.

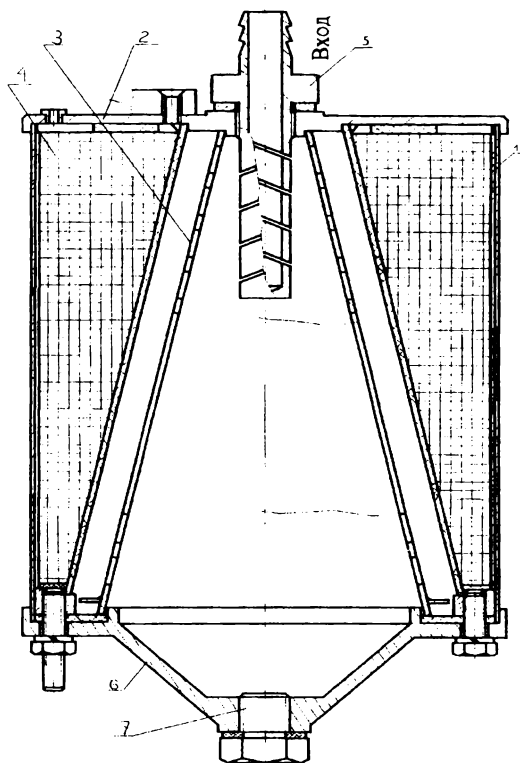
УДК 621.43.-73...631.372

### **ПРОЦЕСС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСАЖДАЮЩИХСЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ С ЖИДКОСТЬЮ В ФИЛЬТРЕ**

*Е.Г.Кочетков, к.т.н., Е.А.Здор ст.н.с.,  
Ю.М.Исаев, к.ф-м.н., С.Н. Илькин, инженер*

На рисунке приведен поперечный разрез фильтра для очистки и подготовки жидкого топлива к сгоранию, который содержит расположенный в корпусе 1, снабженном крышкой 2, фильтрующий элемент 3 в виде расширяющегося вниз усеченного конуса, магнит в виде катушки 4, имеющей форму усеченного конуса, расширяющегося к верхней части, входной штуцер с резьбовой щелью 5, кран или болт для сброса загрязнений 7. На дне корпуса 1 закреплен отстойник 6, выполненный из немагнитного материала и имеющий форму воронки, обращенной вниз узкой частью. Входной штуцер 5 размещен в верхней части крышки 2 по

оси корпуса 1. Кран (болт) для сброса загрязнений 7 установлен по оси отстойника 6.



### **Фильтр-преобразователь-подогреватель.**

Катушка магнита двойная. С помощью тумблера, расположенного на верхней крышке фильтра, можно обмотки включать параллельно или последовательно для подогрева топлива в зависимости от внешней температуры. Новизна способа очистки и модификации газообразных и жидких топлив, а также устройств фильтров подтверждена патентами [1.2].

В данной статье авторы приводят теоретическое объяснение процессов очистки топлив, происходящим в фильтре.

Сила трения между движущейся частицей и средой зависит не только от скорости движения частицы, но и от ее формы, размеров, а также

вязкости и плотности среды. Ограничимся рассмотрением частицы шарообразной формы.

При медленном движении в процессе отстоя и осаждения играет исключительную роль формула Стокса.

Если скорость движения шарообразной частицы превысит известный предел, начинают проявляться не только силы трения, но и инерционные силы масс, выведенных из состояния покоя. Были найдены решения, в которых учтены инерционные силы. Осееном была получена зависимость [3,4]:

$$F_c = 6\pi\mu Vr \left(1 + \frac{3}{8} Re\right), \quad (1)$$

где  $V$  – радиальная скорость частицы;  $Re = \frac{Vr}{\nu}$  – число Рейнольдса.

Подставив в формулу (1) значение  $Re$  и принимая, что  $\mu = \rho\nu$  второе слагаемое, учитывающее инерционные силы, будет выглядеть:

$$6\pi\mu Vr \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{V \cdot r}{\nu} = \frac{9}{4} \pi r^2 \rho V^2. \quad (2)$$

Движение масс связано с наличием кинетической энергии –  $mV^2/2$ .

При больших скоростях кинетическая энергия является фактором, перед которым отступит роль слагаемого, определяющее вязкое трение  $6\pi\mu Vr$ .

Силы, противодействующие движению тела в вязкой среде, определяются выражениями, в которые при очень малых скоростях  $V$  будет входить в первой степени, а при очень больших скоростях – во второй. В степенях промежуточных между единицей и двумя – в конкретных случаях.

При больших скоростях можно пользоваться формулой Ньютона:

$$F_c = Cf\rho \frac{V^2}{2}, \quad (3)$$

где  $\rho \frac{V^2}{2}$  – гидродинамический напор, размерность которого  $H/m^2$  – есть размерность давления;

$f\rho \frac{V^2}{2}$  – размерность силы, Н; где  $f = \pi r^2$ ;

$r$  – радиус шарика;

C - коэффициент является функцией критерия Re, в который входит скорость V, а также вязкость.

При движении жидкости между соосными цилиндрами размерами R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub> возникает вращательное движение, характеризуемое угловой скоростью ω, центростремительное ускорение которого вычисляется по формуле:

$$a_{ц} = \frac{U^2}{R}, \quad (4)$$

где U – скорость движения жидкости по окружности радиуса R.

$$U = \omega R. \text{ Тогда } a_{ц} = \omega^2 R.$$

Примем, что угловая скорость вращения ω - постоянная. Тогда ускорение a<sub>ц</sub> зависит от R прямо пропорционально ему.

Проанализируем движение частицы, когда силы не уравновешены, и скорость постоянно нарастает под влиянием равнодействующей силы.

$$m \frac{dV}{dt} = F_{ц} - F^A - F_c. \quad (5)$$

При этом:

$$F_{ц} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho^* \cdot \omega^2 \cdot R; F^A = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho^* \cdot \omega^2 \cdot R; F_c = C f \rho \frac{V^2}{2}. \quad (6)$$

Подставив эти значения F<sub>ц</sub>, F<sup>A</sup> и F<sub>c</sub>, в (5) получаем:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho^* \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho^* \cdot \omega^2 \cdot R - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho^* \cdot \omega^2 \cdot R - C \pi r^2 \rho \frac{V^2}{2}, \quad (7)$$

где  $\frac{dV}{dt} = \frac{\rho^* - \rho}{\rho^*} \omega^2 R - \frac{3}{8} \frac{C \rho}{r \rho^*} V^2. \quad (8)$

Обозначим  $\frac{\rho^* - \rho}{\rho^*} \omega^2 = a;$   $\frac{3}{8} \frac{C \rho}{r \rho^*} = b.$

Тогда

$$\frac{dV}{dt} = aR - bV^2. \quad (9)$$

Так как R = V·t, то получим дифференциальное уравнение Бернулли.

$$\frac{dV}{dt} - aVt = -bV^2. \quad (10)$$

При помощи замены  $z = \frac{1}{V}$  получим общее решение для определения скорости:

$$V = \frac{e^{\frac{a}{2}t^2}}{b \int e^{\frac{a}{2}t^2} dt + c}. \quad (11)$$

При равномерном движении осаждающих частиц, когда  $\frac{dV}{dt} = 0$  из уравнения (8), получим:

$$\frac{3}{8} \frac{C\rho}{r\rho^*} V^2 = \frac{\rho^* - \rho}{\rho^*} \omega^2 R, \quad (12)$$

откуда:

$$V = \sqrt{\frac{3}{8} \frac{\rho^* - \rho}{\rho} \cdot \frac{r \cdot R}{C} \omega}. \quad (13)$$

Из этой формулы следует, что скорость движения частиц пропорциональна угловой скорости вращения. Или, если  $\omega = \frac{U}{R}$ , тогда

$$V = \sqrt{\frac{8}{3} \frac{\rho^* - \rho}{\rho} \cdot \frac{r}{R \cdot C} \cdot U}, \text{ т.е. } V \sim U. \quad (14)$$

Масса оседающих частиц в единицу времени будет равна

$$n \cdot m \cdot V = n \frac{4}{3} \pi r^3 \rho \cdot V = nm \sqrt{\frac{8}{3} \frac{\rho^* - \rho}{\rho} \cdot \frac{r}{R \cdot C} \cdot U}, \quad (15)$$

где  $n$  -- число оседающих частиц.

Под действием захватывающей силы, которая будет потоком увлекать часть частиц, оседающих на цилиндрические поверхности, масса осадка будет уменьшаться.

Масса захватывающих частиц будет пропорциональна числу частиц и силе захвата:

$$F_3 = C \cdot f \cdot \rho \frac{U^2}{2}. \quad (16)$$

Тогда с учетом захвата масса осевших частиц будет равна:

$$n \cdot m \cdot V_0 = n \cdot m \cdot V - A \cdot n \cdot m \cdot F_3, \text{ или } V_0 = V - A \cdot F_3, \quad (17)$$

где  $V_0$  – результирующая скорость оседания.

Подставив значения (14) и (16) в (17), получим:

$$V_0 = \sqrt{\frac{8 \rho^* - \rho}{3 \rho} \cdot \frac{r}{R \cdot C} \cdot U} - A \cdot C \cdot f \cdot \rho \frac{U^2}{2}. \quad (19)$$

Из этой зависимости следует, что скорость оседания, подчиняется параболической зависимости от скорости потока и согласуется с экспериментальными данными. Скорость потока, при которой будет максимум скорости оседания, найдется из уравнения:

$$\sqrt{\frac{8 \rho^* - \rho}{3 \rho} \cdot \frac{r}{R \cdot C}} - A \cdot C \cdot f \cdot \rho U = 0. \quad (20)$$

Откуда:

$$U_{\max} = \frac{\sqrt{\frac{8 \rho^* - \rho}{3 \rho} \cdot \frac{r}{R \cdot C}}}{A \cdot C \cdot f \cdot \rho}.$$

В электрическом поле тонкодисперсным частицам сообщается электрический заряд, под действием которого происходит увеличение осаждаемых частиц [4]. Экспериментально получено, что при движении потока между соосными цилиндрами на их поверхностях создается разность потенциалов  $\Delta\varphi$ , которая пропорциональна  $\sqrt{U}$ , т.е.  $\Delta\varphi \sim \sqrt{U}$ .

Скорость электроосаждения зависит от размера возможных частиц и гидродинамического сопротивления потока. На заряженную частицу, кроме тех сил, которые разобраны выше, действует еще дополнительно электрическое поле с силой:

$$F_3 = keE_x, \quad (21)$$

где  $q$  – заряд, полученный частицей;

$e$  – величина элементарного заряда;

$E_x$  – градиент потенциала электрического поля на расстоянии  $x$  от оси.

Градиент потенциала зависит от расстояния до электродов, что представляет определенную трудность в численном определении. Если в правой части уравнения (5) добавляется сила  $F_3$ , то скорость осаждения увеличивается, а также увеличивается захват частиц, что согласуется с результатами эксперимента.

### *Литература*

1. Патент RU № 2202071 С2.2001.
2. Патент RU № 2224130 С2.2002.
3. Кук Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности. - М.: Пищевая промышленность, 1973.
4. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. - М.: Колос, 2000.

УДК 631.362.7

## **ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОТЫ В МИНИЗЕРНОСУШИЛКАХ**

*В.И. Курдюмов, д. т.н., Г.В. Карпенко, ст. преподаватель*

В настоящее время в стране насчитывается около 260 тыс. крестьянских, фермерских хозяйств. Применение известных высокопроизводительных (от 2 т/ч и более) установок в таких хозяйствах экономически невыгодно. Попытки создания минизерносушилок на основе уменьшения габаритов традиционных образцов, в которых используется конвективный способ теплопередачи, не дают положительных результатов, т.к. это приводит к снижению показателей энергопреобразования. Кроме того, для работы этих установок необходимы горючие материалы и дополнительное оборудование, что усложняет, а, следовательно, делает установки дороже.

С развитием электротехники становится возможным более широкое применение электрического нагрева зерна в сушилках контактного типа. Это связано с тем, что в установках малой производительности предпочтительнее использовать кондуктивный способ теплопередачи по сравнению с конвективным, так как:

- коэффициент теплопередачи от твердой поверхности к зерну во много раз больше коэффициента теплообмена между газом и материалом;