

УДК 621.926:34.16

В.М. РАДИОНОВ; аспирант, Криворожский национальный университет

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ВЫХОДА ГИДРОЦИКЛОНА, НА ОСНОВЕ СРЕДСТВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И КОНТРОЛЯ

Гидродинамика гидроциклона представлена сложной внутренней структурой потока, численное моделирование которого остается нетривиальной задачей. Анализ существующих моделей показывает, что быстрое стохастическое изменение свойств и состава пульпы, и различные ограничения проведения измерений, и получении информации о состоянии объекта управления, требуют применения перспективных ультразвуковых средств контроля, с использованием эффектов высокоэнергетического ультразвука. Гранулометрический состав многофазной суспензии определяется через функцию пространственного распределения частиц твердой фазы, в контролируемом объеме, на который оказывают ультразвуковое воздействие.

Ключевые слова: Гидроциклон; ультразвуковой контроль; способ управления.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Стабилизация качественного критерия, или заданного гранулометрического состава слива гидроциклона – основная задача эффективного управления процессом классификации. Существующие модели гидродинамики многофазных сред в гидроциклонах и основывающиеся на них системы управления недостаточно точны, из-за неявных зависимостей между плотностью, давлением и гранулометрическим составом слива гидроциклона, или имеют существенные ограничения по быстродействию. Развитие ультразвуковых средств контроля многофазных сред, которые наиболее соответствуют критерию точность-быстродействие, определяет перспективы разработки новых способов и систем управления.

Анализ исследований и публикаций. Существующие способы управления [1] процессом гидравлической классификации в гидроциклонах работающих в замкнутом цикле помола - классификации включающий соответствующую технологическим требованиям подготовку пульпы по критерию плотности регулированием соотношения твердой и жидкой фаз пульпы с помощью регулируемой подачи технологической воды в зумпф, подачу пульпы под давлением, с помощью пескового насоса, на вход гидроциклона, пространственное перераспределение частиц твердой фазы по крупности в корпусе гидроциклона под действием комплекса сил связанных с возникновением центробежных сил, дальнейшее разделение пульпы на два потока в результате взаимного изменения баланса этих сил при осуществлении влияния на регулируемую песковую насадку в зависимости от плотности продукта слива.

Недостатком этого способа является отсутствие однозначной зависимости между плотностью и крупностью, поэтому имеет место недостаточно точное разделение по крупности.

Известен способ управления процессом классификации в гидроциклонах [2] имеет два ступени регулирования - подачей технологической воды в зумпф, и изменением положения сливного патрубка. Условия распределения материала по крупности и плотности изменяют путем перемещения в вертикальной плоскости разгрузочного конца сливного патрубка гидроциклона.

Недостатком этого способа является определенная нечувствительность к изменениям гранулометрического состава пульпы на входе в гидроциклон и усложнение конструкции появлением движущихся деталей и дополнительного привода. В результате, полученный при регулировании согласно известному способу результат классификации, не обеспечивает получение лучших технологических показателей, при быстрых изменениях гранулометрического состава пульпы на входе гидроциклона.

Цель исследований. Задачей исследования является усовершенствование способа формирования регулирующего воздействия на основе функции распределения частиц твердой фазы пульпы по размерам под действием высокоэнергетического ультразвука, учитывая определенную аналогию поведения частиц твердой фазы в поле высокоэнергетического ультразвука, с аналогичной поведением этих частиц под действием комплекса сил действующих в поле центробежных сил гидроциклона

Изложение материала и результат. Гранулометрический состав суспензий является одной из наиболее важных характеристик, влияющих на эффективность процесса гидравлической

классификации .

Работа гидроциклонов характеризуется эффективностью раздела суспензий , по параметру крупности частиц ее твердой фазы, которая определяет качественные и количественные показатели цикла измельчения-классификации, и в определенной зависимости показатели следующих технологических стадий. Поставленная задача решается за счет использования ультразвуковых информационно измерительных систем для контроля входных и выходных параметров гидроциклона. Для этого, в канале воздействия, с помощью ультразвуковых колебательных систем (УЗКС), с заданной дискретностью формируется высокоэнергетический ультразвуковое воздействие на поток пульпы непосредственно перед началом классификации.

Вычисляя интенсивность ультразвукового поля необходимую для смещения частиц минусовых фракций, эквивалентную изменению баланса сил в гидроциклоне и достаточную в последствии для переноса этих фракций в восходящий поток гидроциклона, формируется адекватное управляющее воздействие.

Контролируемое изменение баланса сил в гидроциклоне происходит посредством регулирования давления на входе в гидроциклон, и приводит к регулированию гранулометрического состава выходного продукта. Уравнения движения частицы в проекциях на оси цилиндрической системы координат[6], имеют вид

$$\begin{cases} dU_q/dt = 18\mu_{ж}/\rho_q d_q^2 (U_{ж} - U_q) - U_q V_q / r_q \\ dV_q/dt = 18\mu_{ж}/\rho_q d_q^2 (V_{ж} - V_q) + U_q^2 / r_q \\ dW_q/dt = 18\mu_{ж}/\rho_q d_q^2 (W_{ж} - W_q) \end{cases}, \quad (1)$$

где U, V, W -тангенциальные, радиальные и осевые скорости соответственно, для несущей среды(жидкости или газа) и твердых частиц. Эти скорости зависят от свойств несущей среды, плотности и размера частиц.

Условная граница разделения потоков соответствующая крупности граничного зерна находится в точке перехода через "0".

Очевидно, что при изменении характеристик пульпы происходит смещение этой границы которое может быть компенсировано изменением давления питания гидроциклона.

В результате ультразвукового воздействия частицы, в контролируемом объеме с конкретными свойствами пульпы, распределяются по крупности по экспоненциальному закону.

Порядок распределения частиц также зависит от конкретных свойств несущей среды, плотности и размера частиц.

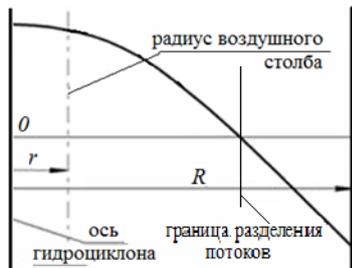


Рис.1. Изменение осевой скорости внутри гидроциклона

Для того, чтобы описать изменение концентрации частиц во времени, необходимо записать уравнение баланса, которое используется при выводе уравнений переноса, таких как уравнение диффузии, теплопроводности и т.п.[3].

Уравнение будет иметь вид

$$V_r(Z) = \frac{F_r(Z)}{6\pi r\eta} = \frac{2r(kr)^4}{27\eta c} (a_1^2 + a_1 a_2 + \frac{3}{4} a_2^2) I_0 e^{-az}, \quad (2)$$

где, $V_r(Z)$ - скорость смещения частицы радиуса r с координатой Z в ультразвуковом поле,

$$a_1 = 1 - \frac{rc^2}{\rho_1 c_t^2}; \quad (3)$$

$$a_2 = 2 \frac{\rho_t - \rho}{2\rho_t + \rho}; \quad (4)$$

где ρ, c_t - плотность частицы и скорость ультразвука в материале частицы; ρ - плотность среды.

Оценивая характер такого смещения, зная интенсивность и время воздействия, можно прогнозировать выход минусовых фракций, граничное зерно и направление их коррекции.

Через процесс согласования и коррекции условных границ каждого ультразвукового теста и математической модели процесса разделения в гидроциклоне, или результатов УЗ-контроля выхода, что по смыслу подобно, определяется необходимое управляющее воздействие.

На рис. 2. представлена структурная схема реализации способа управления процессом гид-

равлической классификации в гидроциклонах работающих в замкнутом цикле помола - классификации согласно заявленной полезной модели.

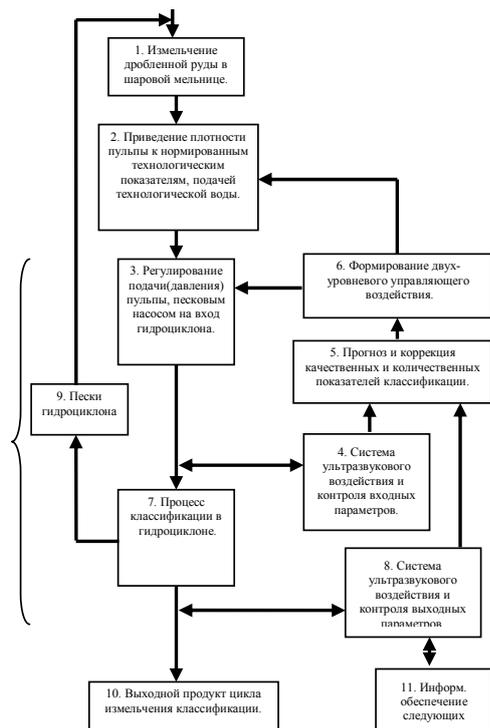


Рис. 2. Структурная схема способа управления процессом гидравлической классификации в гидроциклонах

Сущность способа рис .2, заключается в следующем:-измельченная с добавлением воды руда (1), попадает в зумпф (2) где на основе данных об общих параметрах пульпы, формируется регулирующее воздействие цель которого поддержание технологически обусловленных параметров колебания плотности пульпы, с помощью добавления технологической воды в зумпф и (или) в трубопровод гидроциклона, далее пульпа попадает в песковый насос гидроциклона (3) который формирует соответствующее давление пульпы на входе гидроциклона с учетом информации от ультразвуковых средств воздействия и контроля.

Ультразвуковые средства контроля (4), (8), дополнительно оснащены высокоэнергетическими УЗКС, с помощью УЗКС, с определенной дискретностью, проводится ультразвуковое высокоэнергетическое воздействие на поток пульпы резонансной частотой частотой 20-100 кГц, при величине вводимой акустической энергии 50-100 Вт, потому как значения ниже 20 кГц переходят в звуковой диапазон, а значения выше 100 кГц по длине волн приближаются к

размерам частиц и происходит интенсивное поглощение и рассеивание сигнала, величина акустической энергии в 50 Вт недостаточна для приведения в движение самых крупных и инерционных частиц, а выше 100 Вт экономически не целесообразна.

Одновременно в зондирующий канал проводится ультразвуковой контроль ряда параметров на частотах 0,1-5 МГц как в момент применения высокоэнергетического ультразвукового воздействия, так и в момент отсутствия такого воздействия, измеряя от других величины затухания ультразвукового сигнала частотой 0,1-5 МГц малой мощности, потому как частотная характеристика погашения ультразвуковых волн, имеет экстремальный характер, и сигнал ниже 0,1 МГц и выше 5 МГц быстро затухает и не достаточен для проведения контроля определенного объема пульпы.

Измеряя сигнал - в моменты воздействия высокоэнергетического ультразвука, и сигнала - в моменты отсутствия такого воздействия, на основе соотношения сигналов формируется функция распределения твердых частиц в зависимости от крупности и плотности, которая характеризует не только гранулометрический состав суспензии а и по определенной аналогии прогнозирует будущее поведение частиц твердой фазы после подачи пульпы в гидроциклон, т.е. определяет выходные параметры классификации еще до попадания пульпы непосредственно в гидроциклон, что дает возможность проводить прогнозирующая регулирования давления пульпы на входе гидроциклона соответствии параметрам поступающей на классификацию пульпы, и в режиме реального времени, регулировать гранулометрический состав выходного продукта.

В самом процессе работы гидроциклона (4), после регулирование происходит изменение баланса сил действующих на частицы различной крупности, с последующим разделением пульпы на два потока по размерам частиц твердой фазы. Некондиционные частицы крупностью более или равно предельного зерна попадают в пески (9) и возвращаются на начало цикла как циркулирующий загрузки мельницу, тем самым замыкая цикл, кондиционные частицы крупностью меньше или равно предельного зерна попадают в слив формируя исходный продукт цикла помола - классификации (10).

Информация по ультразвуковых средств обрабатываемой в блоке (5) дает возможность прогноза, коррекции, идентификации неизмеряемых параметров для параметризации модели процесса классификации, и является базой для формирования регулирующего воздействия.

Кроме того получена информация о гранулометрическом составе пульпы и параметрам песков гидроциклона может использоваться, например, в системах управления мельницей, а информация о параметрах слива может быть основой для предварительной настройки парамет-

ров обогатительных аппаратов (11).

Данный способ управления может быть основой для разработки системы управления с нелинейными регуляторами и векторными принципами управления гидроциклоном.

Это актуально для различных сложных динамических объектов, особенно если измерению доступны только входные и выходные параметры объекта управления.

Для сравнения предложены результаты регулирования давления в системе с традиционным ПИД-регулятором, с настройкой по программе оптимальной динамической коррекции в МАТ-LAB, и нелинейным векторным регулятором.

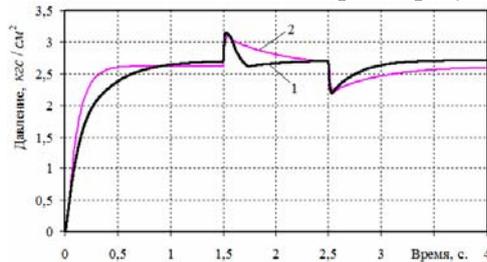


Рис. 3. Моделирование переходного процесса САУ с нелинейным векторным регулятором data1, классический ПИД регулятор data2

Выводы. Предложенный способ управления, процессом гидравлической классификации в гидроциклонах работающих в замкнутом цикле помола-классификации, основанный на эффекте пространственного перераспределения частиц твердой фазы в поле высокоэнергетического ультразвука, который по своей

аналогии подобен эффекту пространственного перераспределения этих частиц под воздействием комплекса сил, действующих в поле центробежных сил гидроциклона, позволяет получать информацию о сложном динамическом объекте в режиме реального времени.

Реализовывать эффективное управление, формировать высокие качественные и количественные показатели цикла, привлекать полученную информацию в системы управления смежными по технологической цепи аппаратами, повысить энергоэффективность цикла, и качество полученного продукта.

Список литературы

1. **Зубков А.** и др. Автоматизация процессов обогащения руд цветных металлов. - М. : Недра , 1967 , с.112 – 113.
2. Патент РФ № 2430788 Опубликовано: 10.10.2011 Бюл. № 28
3. **Моркун В.С., Поркуян О.В.**, Ультразвуковые поверхностные волны Лэмба и Лява в измерительных системах.- Кривой Пор,2006,с.142-177.
4. **Slack, M.D., Prasad, R. O., Bakker, A. and Boysan, F.** (2000). Advances in Cyclone Modeling Using Unstructured Grids, Chemical Engineering Research and Design. 78: 1098-1104.
5. **A. Farzanegan1, M. Gholami2, M.H. Rahimyan.** Multiphase flow and tromp curve simulation of dense medium cyclones using Computational Fluid Dynamics Journal of Mining & Environment Vol.4, No.1, 2013, 67-76
6. **Безик Д.А.** Автоматизация расчета параметров циклона на основе математического моделирования процесса пылеулавливания, Автореферат дисс. к.т.н., Брянск 2000.

Рукопис подано до редакції 11.02.14

УДК 622.235.522

А.В. МОРГУН, зам. главного инженера по техническим вопросам, ПАО «ЕВРАЗ Суха Балка»
С.М. ЧУХАРЕВ, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТБОЙКИ МАССИВА СКВАЖИНЫМИ ЗАРЯДАМИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Проанализирована возможность и целесообразность перехода на отбойку массива скважинными зарядами эмульсионных взрывчатых веществ в условиях подземного Кривбасса. Предложен комплексный подход, включающий использование конструкции скважинных зарядов с воздушными осевыми полостями и способа подготовки скважинного заряда к взрыву, обеспечивающего усиление инициирующего импульса от патрона-боевика к заряду взрывчатого вещества. Использование элементов комплексного подхода позволит добиться повышения эффективности отбойки массива скважинными зарядами при использовании рассыпных ЭВВ.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Повышение эффективности отбойки массива скважинными зарядами при использовании рассыпных ВВ всегда было одним из приоритетных вопросов для технологии подземной добычи руды. Особенно этот вопрос актуален в связи с переходом на бестротиловые ВВ и существенным удорожанием ВВ, применяемых при обрушении руды в условиях подземного Кривбасса.

Анализ исследований и публикаций. Эффективность использования бестротилового ВВ при отбойке горного массива скважинами рассмотрены в работах [1-5]. Ряд публикаций посвя-