

## МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛА, ГИДРОТРАНСПОРТИРУЕМОГО НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Пропонується математична модель насичення несучою рідиною і дезінтеграції пористих агломератів матеріалу, який гідротранспортується. Бібліограф.: 4 найм.

Практика многих горнообогатительных предприятий и угольных шахт показывает приемлемость гидротранспорта для доставки материала от места добычи на обогатительное производство. В некоторых случаях, например Вольногорский государственный горно-металлургический комбинат и Иршанский ГОК, гидротранспорт можно рассматривать как часть обогатительного процесса [1, 2]. На этих предприятиях гидросмесь из магистрали гидротранспортного комплекса сразу поступает в обогатительное оборудование, гидроциклон или грохот-бутару соответственно. Так, в процессе гидротранспортирования россыпей происходит пропитывание несущей жидкостью и дезинтеграция пористых агломератов кусковых и мелких фракций, попутно осуществляется отмывка глины и дезинтеграция слабосцементированных песчаников. В результате гидротранспортный комплекс изменяет гранулометрический состав, плотность, гидравлическую крупность и параметр Архимеда материала, поступающего непосредственно в обогатительные аппараты.

Такая взаимосвязь обогатительного и транспортного звена технологической цепочки может иметь как полезные, так и вредные воздействия на обогащение. Например, на ВГГМК внедрение гидротранспортной доставки россыпей позволило отказаться от промывки и дезинтеграции глины в скруберах. Однако, прямая подача материала в гидроциклон приводит к нестабильности его работы : возмущения проникают из магистрали в гидроциклон, негабариты засоряют песковую насадку. Для стабилизации процесса обогащения необходимо рассчитать

изменение параметров материала при гидротранспорте для согласования характеристик гидротранспортного комплекса и обогатительного оборудования. Рассмотрению этой проблемы посвящена данная работа.

Выделим в транспортируемом материале, согласно [2, 3], три фракции: тонкую ( $\delta_1=0.075\div 0.15$  мм), мелкую ( $\delta_2=0.15\div 3$  мм) и кусковую фракцию крупностью  $\delta_3=3\div 100$  мм. Концентрацию каждой из фракций будем обозначать как  $S_1, S_2, S_3$ . При гидротранспортировании частицы мелкой фракции пропитываются несущей жидкостью. Частицы кусковой фракции, контактирующие со стенкой трубопровода, пропитываются и истираются одновременно, в то время как движущиеся внутри слоя частицы кусковой фракции только пропитываются.

Степень пропитывания каждого типа частиц определяется из следующих уравнений [4]:

$$\frac{d\chi}{d\tau} = -\frac{(h(\tau) + \beta)\chi^3 - 1}{(q - \chi)\chi^4} q, \quad \frac{d\xi}{d\tau} = -\frac{(h(\tau) + \beta)\xi^3 - 1}{(1 - \xi)\xi^4}, \quad (1)$$

$$\tau = \frac{tmkP_s}{g\rho_{ж}\delta^2}; \quad \beta = \frac{4\sigma}{\delta_p P_{ж}},$$

где  $\chi, \xi$  - степень пропитывания соответственно дезинтегрируемых и не дезинтегрируемых частиц;  $q$  - степень дезинтеграции частиц кусковой фракции;  $k, m$  - соответственно коэффициент фильтрации и пористость материала агломерата;  $P_s$  - начальное давление газа в порах;  $P_{ж}$  - давление на входе в трубопровод;  $\sigma$  - поверхностное натяжение жидкости;  $\delta, \delta_p$  - диаметр соответственно частиц и поры.

Для трубопроводов гидротранспортных систем функция распределения давления может быть представлена в виде [4]:

$$h(\tau) = h_n - (h_n - h_k) \frac{g\rho_{ж}\delta^3 V_{cp}}{4mkLP_s} \tau, \quad (2)$$

где  $h_k, h_n$  - соответственно давления на входе и выходе из трубопровода, отнесенные к начальному давлению газа в порах;  $L, V_{cp}$  - соответственно длина магистрали и средняя скорость течения гидросмеси;  $\rho_{ж}$  - плотность жидкости.

Характер истирания кусковой фракции зависит от ее концентрации и диаметра трубопровода. Если средневзвешенный диаметр частиц кусковой фракции меньше величины  $d_m = D(0.0547 + 0.206S_c)$ , то для каждой из частиц уравнение кинетики истирания запишется в следующем виде:

$$\frac{dq}{d\tau_o} = -0.889 \frac{f\lambda^{1.5}}{Cx} \left( \frac{4Ar}{3Fr} q - \Omega_2 \right) \left( 1.011\Omega_1 - \sqrt{\frac{f}{Cx} \left( \frac{4Ar}{3Fr} q - \Omega_2 \right)} \right), \quad (4)$$

$$\tau_o = \frac{\rho_{ж} \delta_o V_{cp}^3 t}{\gamma \delta_3}, \quad \Omega_1 = \lg(4.041q Re \lambda^{0.5}), \quad Re = \frac{\delta_3 V_{cp}}{\nu}, \quad Fr = \frac{V_{cp}^3}{g \delta_3},$$

$$Ar = Ar^o + m \left( 1 - \left( \frac{\chi}{q} \right)^3 \right), \quad \Omega_2 = 0.138 Cx + 0.592 Cm \Omega_1.$$

где  $Ar^o = (\rho_r - \rho_{ж}) / \rho_{ж}$  - начальный параметр Архимеда транспортируемого материала;  $\rho_m$  - исходная плотность транспортируемого материала;  $\lambda$  - коэффициент гидравлических потерь на трение. Начальное условие и условие прекращения истирания для этого уравнения запишутся так:  $q(0)=1, q < q_* = 3Fr\Omega_2 / 4Ar$ .

При движении частиц кусковой фракции по дну трубопровода слоем истираться будут только частицы, непосредственно соприкасающиеся со стенкой трубы. Уравнение кинетики истирания для таких частиц запишется в виде:

$$\frac{dq}{dt_p} = -1.5q Ar_c b \frac{V_{c,л}}{V_{cp}^3} S_{np}, \quad \alpha = \frac{\delta_3}{D}, \quad \tau_p = \frac{\delta_1 f g \rho_{ж} V_{cp} t}{\gamma}, \quad (3)$$

$$b = \frac{\pi \alpha S_3}{9 \epsilon S_{np}}, \quad Ar_c = Ar^o + m \left( 1 - \frac{\epsilon}{S_3} \left( \frac{\chi}{q} \right)^3 - \left( 1 - \frac{\epsilon}{S_3} \right) \xi^3 \right)$$

где  $Ar_c, S_{np}$  - параметр Архимеда и предельно возможная концентрация пористость слоя,  $b$  - относительная высота донного слоя кускового материала;  $D$  - диаметр трубопровода;  $\epsilon$  - концентрация истирающихся частиц. При истирании одиночных частиц концентрация истираемых частиц равна концентрации кусковой фракции. При истирании частиц в слое концентрация истираемых агломератов, будет определяться выражением:

$$\varepsilon = \frac{\delta_3 \Phi}{3D}, \quad \Phi - \sin \Phi = \frac{2\pi S_3}{(1 - m_{c,л})}$$

Скорость слоя определяется согласно формуле [3]:

$$\frac{V_{c,л}}{V_{cp}} = \left( 1 + G + \frac{G b \ln(2.71R/b)/R - \exp(1/G)(G-1)}{b/R - \exp(1/G)} \right) \left( 1 - \alpha \frac{Ar}{2} (1 - S_3) \right)$$

$$R = 1 + 4.3S(S_{пп} - S) \frac{V_{kp}}{V_{cp}}, \quad G = \frac{R}{\lambda} \sqrt{1 + \frac{V_{kp}^3}{3V_{cp} \sqrt{2gD}}}$$

Начальное условие и условие прекращения истирания для этого уравнения запишутся так:  $q(0) = 1$ ,  $q \leq q_2 = \delta_2/\delta_3$ .

Так как процесс пропитывания пористых агломератов через параметры Архимеда частиц и слоя влияет на процесс дезинтеграции кусковых фракций, то уравнения (3) и (4) необходимо решать совместно с уравнениями (1) и (2).

В процессе истирания частиц величина  $q$  изменяется в пределах  $q_* < q < 1$  или  $q_2 < q < 1$ , после чего начинается истирание следующей партии частиц. Изменение концентрации на каждом таком промежутке будет описываться следующими формулами:

$$dS_3 = \begin{cases} \varepsilon(1 - q^3), & q > q_* \\ \varepsilon & , q \leq q_* \end{cases}, \quad dS_2 = \begin{cases} 0, & q > q_* \\ \varepsilon q^3, & q \leq q_* \text{ и } q \leq q_2 \\ 0, & q \leq q_* \text{ и } q > q_2 \end{cases}$$

$$dS_1 = \varepsilon(1 - q^3).$$

Приведенные зависимости позволяют определить необходимый напор насосного оборудования с учетом изменений гидравлического уклона по длине гидротранспортной магистрали, обусловленного дезинтеграцией транспортируемого материала и его пропитывания несущей жидкостью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фитерер В.В., Блюсс Б.А. Проблемы гидротранспорта россыпей на обогатительное производство // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 1994, №1. С.50 - 51.

2. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии. - М.: Металлургия, 1985. - 383 с.

3. Надежность и долговечность напорных гидротранспортных систем // Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили, Д.Г. Сулаберидзе, Л.А. Алехин. - М.: Недра, 1984. - 274 с.

4. Семененко Е.В. Влияние параметров гидротранспортирования на процесс пропитывания пористых транспортируемых агломератов // Геотехническая механика. - Днепропетровск, 1997. - Вып. 2. - С. 145 - 148.

УДК 622.6.000.93

Н.В. Осенняя

## НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ Н.С. ПОЛЯКОВА

(Заметки библиографа)

Дан детальний огляд наукової спадщини М.С. Полякова, який зробив вагомий внесок у розвиток поточного та ретроспективного інформування в галузі рудничного транспорту на Україні.

В истории развития рудничного транспорта на Украине ведущую роль сыграл академик АН Украины **Николай Сергеевич ПОЛЯКОВ**.

Изучение научного наследия Н.С. Полякова дает возможность проследить генезис и развитие некоторых теорий по проблемам рудничного транспорта, трансформацию их общественной значимости. Идеи Н.С. Полякова были разносторонни и многогранны. Его теоретические исследования относились к широкому, тематическому спектру и им всегда были присущи фундаментальность, глубокий анализ, актуальность, практическая целенаправленность и ценность.

Научное наследие Н.С. Полякова обширно и разнообразно /монографии, учебники, статьи, авторские свидетельства, отчеты НИР, депонированные рукописи / и насчитывает свыше 300 печатных источников.