

*Ассистент Левченко О.А.,
канд. физ-мат. наук Галич В.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

О НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ ДРОБЛЕНИЯ АГЛОМЕРАТА

Розглянуті умови перевертання агломераційного спіку при миттєвому перешкоджанні його ковзанню.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Количество энергии, поглощаемой и израсходованной на дробление агломерата, зависит от его теплофизического состояния. Преимущество наложения нагрузки с "горячей" стороны аглоспека заключается в минимизации переизмельчения вблизи места контакта и свойств пластичности нагретого материала [1]. Таким образом, одним из направлений снижения энергоемкости процесса дробления агломерационного спека и улучшения свойств готового агломерата является организация возможности его подачи в зону дробления нижней (более нагретой стороной) по отношению к рабочим элементам звездочки ротора.

Анализ исследований и публикаций. В настоящее время на металлургических предприятиях Украины и стран СНГ аглоспек подается путем скольжения по наклонной направляющей поверхности, в результате чего разрушение в одновалковой дробилке происходит воздействием на спек зубьями ротора в направлении от менее нагретой стороны к более нагретой. Это снижает эффективность дробления пирога и увеличивает энергозатраты, так как значительно нагретая нижняя сторона (около 800 °С) выполняет роль демпфирующей подушки. Изучению вопроса подачи агломерата на дробление "горячей" стороной внимания, за исключением работы [1], практически не уделялось. Рассматривался лишь процесс разрушения с холодной стороны без учета возможности переворачивания аглоспека.

Наиболее простым путем осуществления переворачивания пирога агломерата, движущегося под действием силы тяжести по наклонной направляющей, является использование силы инерции самого куска [2]. При этом основными значимыми факторами выступают скорость движения агломерата, угол наклона направляющей и величина пути пройденного до момента переворачивания. Положительным моментом, кроме вышеизложенного, является то, что обладая значительной массой при ударе вызванного переворачиванием на материал будут воздейство-

вать значительные ударные нагрузки, приводящие как к образованию трещин в пироге, так и его предварительному разрушению.

Постановка задачи. Задачей данной публикации является выявление математических зависимостей, описывающих условия превращения аглоспека при мгновенном препятствии его скольжению под действием силы тяжести с целью определения конкретных значений параметров характеризующих его движение.

Изложение материала и его результаты. Рассмотрим движение аглоспека по наклонной плоскости (Рис. 1) [3].

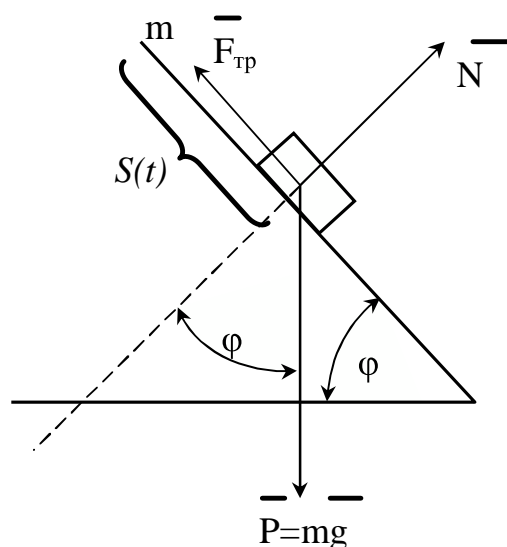


Рисунок 1 – Схема движения аглоспека по наклонной плоскости

Пусть материальное тело массой m движется под действием силы тяжести P по наклонной плоскости с углом наклона φ к горизонтальной поверхности.

Обозначим через N силу реакции наклонной плоскости, f – коэффициент трения, $F_{тр}$ – силу трения, g – ускорение свободного падения. Применяя закон Ньютона, уравнение движения материального тела представим так:

$$ma = P \sin \varphi - F_{тр}, \quad (1)$$

где a - ускорение тела;
 $F_{тр} = fN$.

$$N = P \cos \varphi.$$

Уравнение (1) можно преобразовать к виду:

$$ma = mg \sin \varphi - fmg \cos \varphi ,$$

или

$$a = g(\sin \varphi - f \cos \varphi) \quad (2)$$

Пусть тело начинает движение с начальной скоростью V_0 . Тогда

$$V = at + V_0 \quad (3)$$

$$s = \frac{at^2}{2} + V_0 t , \quad (4)$$

где V - скорость в момент времени t ;
 s - перемещение в момент времени t .

В качестве движущегося по наклонной плоскости объекта, будем рассматривать агломерационный пирог в форме параллелепипеда, в параллельном сечении имеющего размеры $l \times h$. Введем в рассмотрение угол $\alpha = \arctg \frac{h}{l}$ (Рис. 2).

Минимальную скорость V , при которой возможно опрокидывание, определим из условия

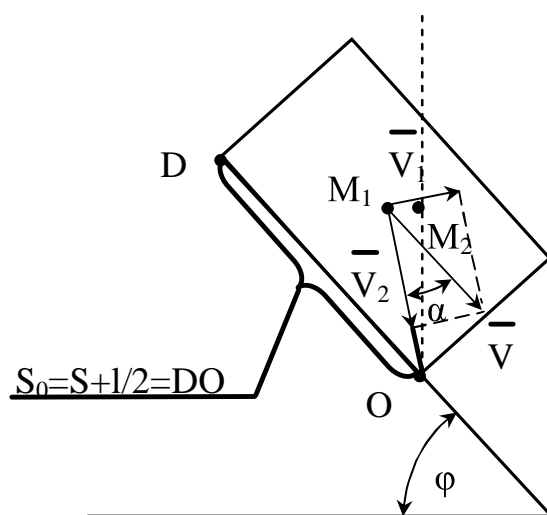


Рисунок 2 – Расчетная схема опрокидывания агломерата

$$W_K = P_{\text{Э}} \quad (5)$$

где W_K - кинетическая энергия тела в момент торможения об упор, расположенный в точке C ;

$P_{\text{Э}}$ - приращение потенциальной энергии куска материала при перемещении его центра масс из точки M_1 в точку M_2 .

Точки M_1 и O лежат на одной вертикальной прямой. Точка M_2 есть крайнее положение для центра масс, после прохождения которой, начинается процесс опрокидывания куска аглоспека.

В точке M_2 скорость $V_1 = 0$ (V_1 - проекция скорости тела V на направление, перпендикулярное OM_1). Равенство нулю этой проекции задает условие, для определения минимального пути, который должно пройти тела, чтобы приобрести достаточную кинетическую энергию для опрокидывания.

Определим кинетическую энергию, которую приобретает тело в ходе движения по наклонной плоскости, а также приращение потенциальной энергии, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно начало опрокидываться.

Будем иметь:

$$W_K = \frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV^2 \sin^2 \alpha}{2} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{Э}} &= mg \left(\frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{2} - \frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{2} \sin(\alpha + \varphi) \right) = \\ &= mg \frac{\sqrt{h^2 + l^2}}{2} (1 - \sin(\alpha + \varphi)) \end{aligned} \quad (7)$$

Приравняем полученные выражения для потенциальной и кинетической энергий. В результате получим:

$$\begin{aligned} \frac{mv^2 \sin^2 \alpha}{2} &= \frac{mg \sqrt{h^2 + l^2}}{2} (1 - \sin(\alpha + \varphi)) \\ v^2 &= g \sqrt{h^2 + l^2} \frac{(1 - \sin(\alpha + \varphi))}{\sin^2 \alpha} \end{aligned} \quad (8)$$

Используя формулы (2) - (4), с учетом (8) получим:

$$s = \frac{g\sqrt{h^2 + l^2}(1 - \sin(\alpha + \varphi)) - V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g(\sin \varphi - f \cos \varphi) \sin^2 \alpha} \quad (9)$$

Следовательно, упор для опрокидывания куска агломерата следует поставить на расстоянии $s_0 = s + \frac{l}{2}$ от начала наклонной плоскости (точка D на рисунке).

Выводы и направления дальнейших исследований. Наложение усилий на агломерат с менее нагретой стороны снижает эффективность его разрушения за счет повышенной демпфирующей способности.

Снижение энергоемкости процесса дробления агломерационного спека и улучшения свойств готового агломерата возможно путем наложения на него усилий с нижней (более нагретой стороной).

Динамическое переворачивание аглоспека за счет мгновенного препятствия его движению вызывает образование в нем трещин и приводит к предварительному разрушению на этапе подачи в дробилку.

Условия переворачивания при движении по наклонной направляющей характеризуются запасом энергии и определяются условием:

$$s = \frac{g\sqrt{h^2 + l^2}(1 - \sin(\alpha + \varphi)) - V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g(\sin \varphi - f \cos \varphi) \sin^2 \alpha}$$

где $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{h}{l}$;

g – ускорение свободного падения;

h – высота пирога агломерата;

l – длина пирога агломерата;

f – коэффициент трения;

φ – угол наклона направляющей поверхности к горизонту.

Рассмотрены условия переворачивания агломерационного спека при мгновенном препятствии его скольжению.

Conditions of overturning agglomerate are considered at an instant obstacle to his sliding.

Библиографический список.

1. Интенсивная механическая обработка агломерата. Теория, оборудование, технология. Борискин И.К., Арыков Г.А., Пыриков А.Н. - М.: МИСИС, 1998. -248 с.

2. Левченко О.О., Галич В.А., Алтухов В.М., Левченко Е.П. Спосіб подання агломерату в одновалкову зубчасту дробарку. Деклараційний патент на корисну модель № 17859, Україна, МКИ В 02 С 4/10. Опубл. 16.10.06 Бюл. № 10.

3. Яблонский А.А., Никифоров В.М. Курс теоретической механики. Динамика. - М.: Высш. шк., 1971. - 488 с.