

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ АГЛОМЕРАТА В ОДНОВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ

Предложена математическая модель контактного взаимодействия поверхности зубьев звездочек ротора с агломерационным спеком на первой стадии и способ повышения эффективности процесса дробления агломерата в одновалковой зубчатой дробилке. Предложены рациональные конструктивные параметры одновалковой дробилки для условий агломерационного цеха Филиала № 12 ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС», позволяющие снизить содержание некондиционных фракций агломерата в доменной шихте.

Ключевые слова: агломерат, дробление, одновалковая дробилка, угол контакта, напряжения.

Для формирования в доменной печи слоя шихты хорошей газопроницаемости, что является обязательным условием ее эффективной и высокопроизводительной работы [1], агломерат необходимо дробить на отдельные куски размерами, обусловленными требованиями технологического процесса. Для этих целей на большинстве ведущих металлургических предприятиях применяют роторные одновалковые зубчатые дробилки [1, 2]. Наиболее серьезным их недостатком является переизмельчение аглопирога в процессе его дробления, в результате чего наряду с фракцией требуемых размеров образуется большое количество мелких зерен — 0...5 мм. Это возникает вследствие раздавливания значительной части агломерата звёздочками о приемный стол и колосники.

В данной работе предлагается способ повышения эффективности процесса дробления агломерата в одновалковой зубчатой дробилке за счет математического обоснования условий контакта зубьев звездочек ротора с агломерационным пирогом в зоне приемного стола, включающего разрушение аглоспека между лопастями и поверхностью приемного стола.

Для определения условий контактного взаимодействия лопасти звёздочки ротора зубчатой роторной дробилки с агломерационным спеком использовалась математическая модель их контакта при сходе аглопирога с приемного стола (рис. 1), основанная на законах общей механики и механики деформируемого твёрдого тела.

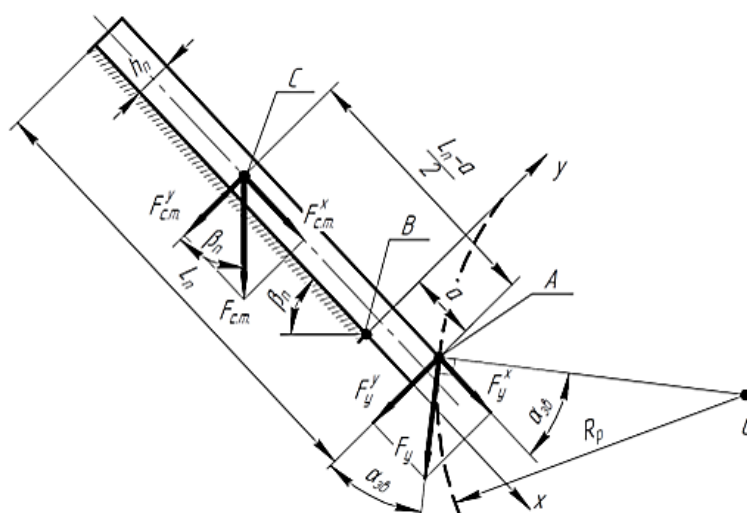


Рисунок 1 — Схема взаимодействия рабочей поверхности зубьев одновалковой дробилки с дробимым спеком агломерата в зоне приемного стола

В ходе проведенных исследований были определены зависимости основных параметров контактного взаимодействия зуба звёздочки ротора одновалковой дробилки с агломерационным спёком от угла контакта поверхности лопасти с поверхностью агломерационного спёка и угла наклона рабочей поверхности приемного стола:

1. Усилие, действующее в зоне контактного взаимодействия лопасти звёздочки с агломерационным спёком:

$$F_y = B_n (L_n - a) \rho_a g h_n \frac{[(a - L_n) \cos \beta_n - h_n \sin \beta_n]}{2(a \cos \alpha_{3\theta} + h_n \sin \alpha_{3\theta})}, \quad (1)$$

где B_n — ширина пирога, м; L_n — текущая длина агломерационного пирога (в процессе дробления длина аглоспёка уменьшается вследствие его продвижения в рабочее пространство ротора), м; a — расстояние от точки взаимного контакта зубьев ротора с поверхностью пирога до сечения его излома (нижней грани приемного стола), м; β_n — угол наклона поверхности приемного стола относительно горизонтали, град; ρ_a — объемная плотность агломерата, кг/м³; h_n — высота спёка, м; $\alpha_{3\theta}$ — угол между поверхностью лопасти и поверхностью аглопирога при их взаимном контакте (рис. 1), град.

2. Расстояние от точки взаимного контакта зубьев ротора с поверхностью пирога до сечения его излома:

$$a = \frac{g (\sin \beta_n - \mu_a \cos \beta_n) t^2}{2}, \quad (2)$$

где μ_a — коэффициент трения скольжения агломерата по стали; t — время движения аглоспёка в рабочем пространстве дробилки, с.

3. Время движения аглоспёка в рабочем пространстве дробилки с шевронным расположением зубьев звездочек на роторе:

– для роторов с нечетным количеством звёздочек:

$$t = \frac{15 \left((1 - N_{3\theta}) b_3 + 4\pi^2 D_p \right)}{\pi^2 D_p n_p n_3 (N_{3\theta} - 1)}, \quad (3)$$

где $N_{3\theta}$ — количество звёздочек установленных на валу ротора; b_3 — длина торцевой поверхности зуба, м; D_p — рабочий диаметр внешней грани звёздочек ротора, м; n_p — число оборотов вращения ротора в минуту, мин⁻¹; n_3 — количество зубьев на одной звёздочке;

– для роторов с четным количеством звёздочек:

$$t' = \frac{15 \left((2 - N_{3\theta}) b_3 + 4\pi^2 D_p \right)}{\pi^2 D_p n_p n_3 (N_{3\theta} - 2)}. \quad (4)$$

Суммарное напряжение, возникающее в «опасном» сечении аглопирога от совместного действия внецентренного растяжения и изгиба:

$$\sigma_n = \frac{(L_n - a) \rho_a g}{h_n (\tan \alpha_{3\theta} h_n + a)} \left[\cos \beta_n (L_n - a - h_n \sin \beta_n) \right] [3a + 2h_n \tan \alpha_{3\theta}]. \quad (5)$$

Остаточная длина аглоспёка, при которой обеспечивается дробление разламыванием:

$$L_n' = a + \frac{h_n \tan \beta_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{h_n^2 \tan^2 \beta_n + \frac{4h_n \sigma_a (\tan \alpha_{3\theta} h_n + a)}{\cos \beta_n \rho_a g (3a + 2h_n \tan \alpha_{3\theta})}}. \quad (6)$$

На основании зависимостей (1, 5, 6) были построены графики, отображающие влияние угла контакта и угла наклона рабочей поверхности приемного стола на энергосиловые параметры процесса дробления агломерата в одновалковой дробилке (рис. 2, 3).

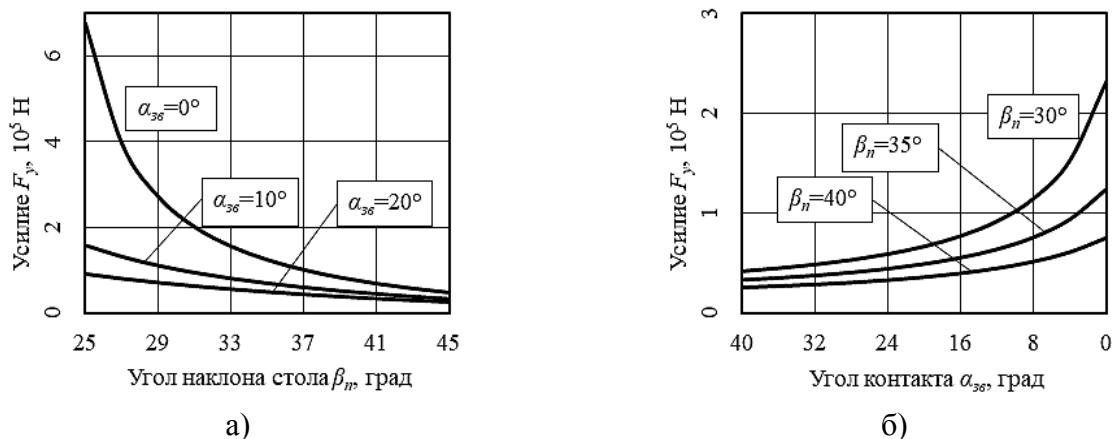


Рисунок 2 — Графики зависимостей усилий, действующих на аглопирог, от угла наклона приемного стола (а) и от угла контакта с поверхностью зубьев ротора (б)

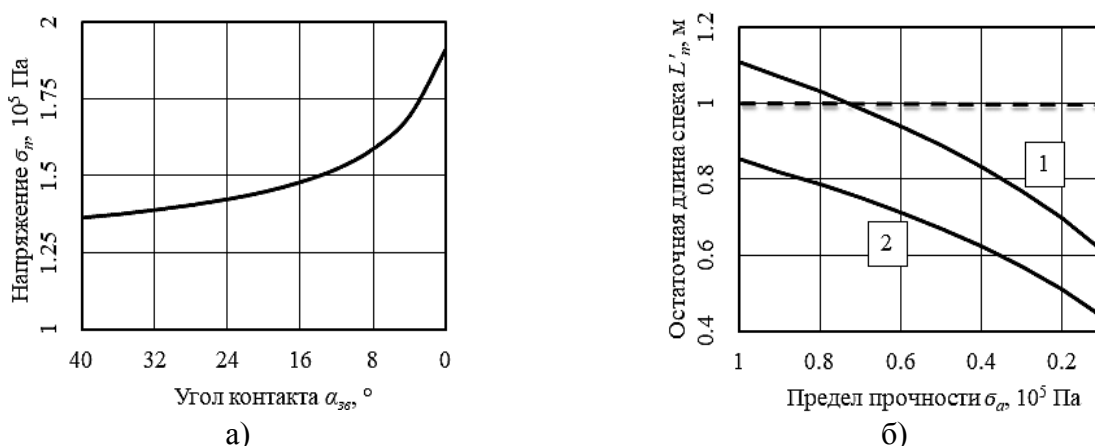


Рисунок 3 — Графики напряжений, возникающих в «опасном» сечении, от угла контакта с поверхностью зубьев ротора (а) и зависимостей остаточной длины аглоспёка, обеспечивающей разрушение пирога разламыванием, от предела прочности агломерата (б)

Из анализа графических зависимостей (рис. 2, 3), видно, что при минимальных углах контакта зубьев с аглоспёком и угле наклона поверхности приемного стола, близком к максимальному значению угла трения скольжения агломерата по стали, обеспечиваются наилучшие условия для процесса дробления агломерационного пирога разламыванием, что позволит уменьшить долю дробленого агломерата, полученным раздавливанием о приемный стол и колосники.

Исходя из этого, для обеспечения выше предложенных мероприятий, угол наклона приемного стола в действующих дробилках необходимо изменять таким образом, чтобы его поверхность была параллельна оси лопасти звёздочки ротора, но не превышала угла трения материала по стали.

Для реализации данных усовершенствований в агломерационном цехе Филиала № 12 ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС» предложено изменить значение угла наклона поверхности приемного стола дробилки с $\beta_n = 45^\circ$ на $\beta'_n = 35^\circ$, при этом угол контакта (для новой звёздочки) составит $\alpha_{36}^* = 10^\circ$. Это значение угла обусловлено тем, что в процессе дробления лопасти под-

вергаются износу и, соответственно, угол контакта α_{36} будет изменяться, и с помощью этого можно увеличить ресурс звездочек и самого ротора при его значениях близких к нулю.

Таким образом, в работе предложена методика обоснования конструктивных параметров одновалковой дробилки для реализации условий контакта зубьев звездочек с агломератом в зоне приемного стола в одновалковой зубчатой дробилке, позволяющих повысить эффективность процесса дробления агломерата в одновалковой дробилке и снизить содержание некондиционных фракций агломерата в доменной шихте.

Список литературы

1. Коротич, В. И. Агломерация рудных материалов / В. И. Коротич, Ю. А. Фролов, Т. Н. Бездежский. — Екатеринбург : ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2003. — 400 с.

2. Власенко, Д. А. Комплексный анализ особенностей эксплуатации дробильно-измельчительного оборудования в агломерационном производстве / Д. А. Власенко // Инновационные перспективы Донбасса. Инновационные технологии проектирования, изготовления и эксплуатации промышленных машин и агрегатов, Донецк, 21–23 мая 2019 года. — Донецк : ДонНТУ, 2019. — Т. 3 — С. 150–154.

© Власенко Д. А.

Cand. Sci. (Eng.) Vlasenko D. A. (SEI HPE LPR “DonSTU”, Alchevsk, LPR)

METHOD FOR INCREASING THE EFFECTIVENESS OF THE AGLOMERATE CRUSHING PROCESS IN A SINGLE- ROLL CRUSHER

A mathematical model of the contact interaction of the surface of the teeth of the rotor sprockets with the agglomeration cake in the first stage and a method for increasing the efficiency of the process of crushing agglomerate in a single-roll gear mill are proposed. Rational design parameters of a single-roll crusher are proposed for the conditions of the sinter shop of Branch No. 12 CJSC “VNESHТОRGSERVICE”, which allow reducing the content of substandard fractions of sinter in the blast furnace charge.

Keywords: agglomerate, crushing, single-roll crusher, contact angle, stress.

УДК 658.58

Шамрай Ю. А.
магистрант,

Ошовская Е. В.
к.т.н., доц.,

Сидоров В. А.
д.т.н., доц.,

ГОУ ВПО «ДонНТУ», г. Донецк, ДНР

МЕХАНИЗМЫ С ШАГАЮЩИМИ БАЛКАМИ В ЧЁРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В статье рассмотрены механизмы с шагающими балками, применяемые на металлургических предприятиях. Указаны особенности их эксплуатации и их основные назначения.

Ключевые слова: гидропривод, шагающие балки, металлургия, заготовка.

Основное назначение механизмов с шагающими балками — периодическое перемещение грузов реализуется путём чередования подъёма грузов в вертикальном и перемещения в горизонтальном направлении [1], при этом исключается взаимный контакт грузов. Цикл перемещения включает в себя четыре фазы: подъём груза подвижными балками, перемеще-