

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РОЛИКО-КОЛЬЦЕВЫХ МЕЛЬНИЦ

Введение. Ролико-кольцевая мельница представляет собой дробильное оборудование, которое измельчает путём раздавливания и истирания. Первый патент на подобное оборудование зарегистрирован в 1870 г.

По прошествии многих лет устройство ролико-кольцевых мельниц совершенствовалось: улучшались показатели износоустойчивости, увеличивалась мощность используемых двигателей. Но сам принцип работы механизма остался прежним.

Основная часть. По схеме силового взаимодействия с обрабатываемым давлением материалом они близки с валковыми мельницами и щековыми дробилками [1; 2]. Рабочий орган ролико-кольцевой мельницы представляет собой кольцо с расположенными в нем одним или несколькими роликами (валками), прижимаемыми к его внутренней поверхности упругим механизмом (через пружины) или центробежными силами. В первом случае приводным является кольцо, во втором ролики установлены на соосном с кольцом вращающемся роторе. При этом ролики имеют возможность свободно перемещаться в радиальном направлении. Кольцо и ролики (оси) располагают как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях.

В условиях многороликовой мельницы, в которой для увеличения контактных с материалом напряжений при сравнительно низких технологических усилиях, используют ролики малого диаметра, значительно меньшего диаметра внутренней рабочей поверхности кольца. Условие захвата частиц кускового и сыпучего материалов при этом определяется исходя из условий контактного трения, аналогичных прокатке в валках по максимальным углам захвата роликом α_r и кольцом α_R [3; 4]

$$\varphi_T \geq 0,5(\alpha_r - \alpha_R) = 0,5 \alpha$$

где φ_T — угол трения порошка о поверхность инструмента;

α — угол захвата материала.

Используя теорему косинусов после подстановок и преобразований получены величины углов захвата соответственно роликом α_r и кольцом α_R

$$\alpha_r = \arccos \left[\frac{R_B}{R_B - R} + \frac{R \cdot (R_B - r)}{(R_B + r) \cdot (R - R_B)} \right], \quad \alpha_R = \arccos \left[\frac{R_B}{R - R_B} - \frac{R_B \cdot (R + r)}{(R - r) \cdot (R - R_B)} \right],$$

где R_B — наружный диаметр ролика;

R — внутренний диаметр кольца;

r — радиус измельчаемой частицы.

Очевидно, что при размоле в ролико-кольцевой мельнице центробежного типа возможны три варианта взаимодействия размольных тел с обрабатываемым мелкокусковым и сыпучим материалами, (рисунок 1).

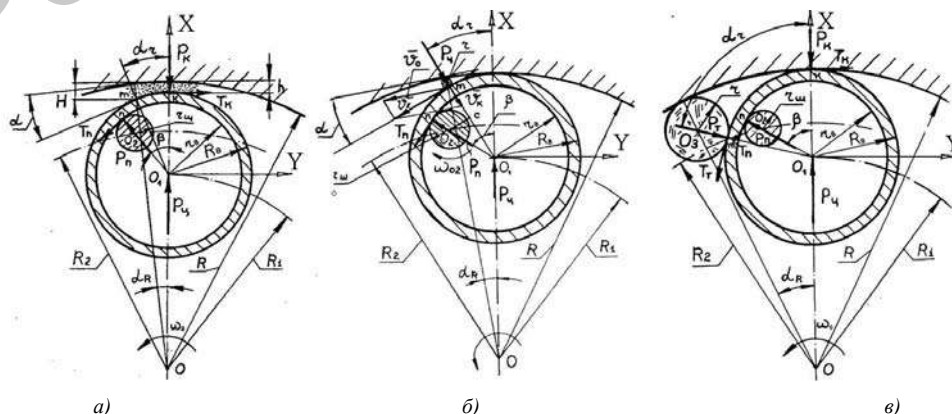


Рисунок 1 — Схемы силового взаимодействия размольных тел с измельчаемым материалом

На рисунке 1, а показана схема обработки давлением роликом тонкого слоя H , равномерно распределённого, перемещающегося по поверхности кольца по винтовой спирали вниз дисперсного материала, уплотняемого до толщины h .

Для определения сил P_K и T_K , действующих между размольными телами и обрабатываемым давлением материалом, использовано уравнение равновесия моментов и проекций сил на оси X и Y .

В результате совместного решения системы уравнений авторами [3] получена формула для расчёта действующей на материал нормальной силы

$$P_K = P_{Ц}(1 + f / \operatorname{tg} \beta) / (1 + f^2) = m_B \cdot \omega_0^2 (R - R_B - h) (1 + f / \operatorname{tg} \beta) / (1 + f^2), \quad (1)$$

где $P_{Ц}$ — центробежная сила, действующая на ролик;

f — коэффициент трения;

m_B — масса ролика;

ω_0 — угловая скорость вращения ролика относительно оси ротора;

h — минимальная толщина слоя порошка.

Угол β , как видно из рисунка 1, а определяется размерами (радиусами) размольных тел, ведущих кольца шпилек и их положения (R_2). Из рассмотрения треугольника с вершинами в центрах размольных тел O , O_1 и шпильки O_2 получено выражение, в результате преобразований которого с использованием теоремы косинусов величина угла

$$\beta = \arccos \left(\frac{R_2^2 - (r_B - r_{III})^2 - (R - R_B - h)^2}{2 \cdot (r_B - r_{III}) \cdot (R - R_B - h)} \right), \quad (2)$$

где R_2 — радиус расположения шпилек;

r_B — внутренний радиус ролика;

r_{III} — радиус шпильки.

Из (1) и (2) очевидно, что с увеличением толщины h слоя обжимаемого роликом материала угол β , а следовательно $\operatorname{tg} \beta$ уменьшается и в пределе могут достигнуть нуля, при этом усилие P_K будет возрастать до бесконечности ($P_K \rightarrow \infty$). Это свидетельствует о возможном заклинивании ротора или поломке наиболее слабого звена в конструкции (изгиб шпилек).

Во избежание этого подачу материала в зону размола необходимо дозировать и не допускать попадания кусков с размерами, превышающими или близкими к наибольшему возможному зазору между кольцом и роликом $h_{\max} = R - R_2 - r_{III} - R_B + r_B$.

При рассмотрении силового взаимодействия с отдельными частицами, размер которых не превышает наибольший возможный зазор ($h_{\max}$) между кольцом и роликом (рисунок 1, б) на основе известной зависимости изменения количества движения механической системы (масса и скорость центра масс) от импульсов приложенных к системе сил в определённо силовое воздействие на частицу

$$P_q = \frac{m_B \cdot \omega_0^2}{\cos \alpha_r} \left[(R - R_B) + \frac{\sin \beta \cdot \sin(\alpha_r - \alpha_R) \sqrt{R^2 + 2R_B(1 - \cos \alpha_r) \cdot (R_B - R)}}{\alpha_R \cdot \sin(\beta - \alpha_r)} \right]. \quad (3)$$

Из (3) видно, как и в предыдущем случае, что при увеличении частицы измельчаемого материала угол захвата α_r возрастает. Это приводит к росту действующей на частицу силы P_q , в пределе $\alpha_r \rightarrow \beta$ возрастающей до бесконечности, а в реальных условиях до разрушения частиц или заклинивания ротора.

Третий вариант взаимодействия с крупными частицами материала, при которых угол захвата по роликам $\alpha_r > \beta$, приведён на рисунке 1, в. В этом случае при $\alpha_r \leq 2\varphi_T$ частица захватывается размольными телами и либо разрушается на более мелкие, либо происходит заклинивание ротора или деформация шпильки. При $\alpha_r \geq 2\varphi_T$ захват с обжатием частиц не происходит — они ударно выбрасываются из зоны захвата, что приводит к их деформации и в результате многочисленных циклов нагружения — к разрушению на более мелкие частицы.

Заключение. 1. Для устойчивой работы ролико-кольцевой мельницы необходима дозированная подача исходного материала в зону размола, а в исходном материале не желательны частицы с размером и прочностью, способными вызвать заклинивание роликов в кольце.

2. Теоретически показано, что для увеличения усилия, действующего на измельчаемый материал, необходимо увеличить размеры рабочих органов ролико-кольцевых мельниц.

3. Уменьшение геометрические параметров рабочих органов ролико-кольцевых мельниц можно достичь путём своевременного удаления из рабочей зоны мелких частиц твёрдого материала, а также предварительной обработкой и (или) сепарацией исходного материала. Предварительная обработка материала вызывает не только измельчение содержащихся в нём крупных частиц и этим самым уменьшение поля рассеяния размеров частиц, но и снижение их прочности и деформационной способности вследствие наклепа и образования в них микро- и макродефектов, облегчающих разрушение частиц при их дальнейшей обработке.

Список цитируемых источников

1. Сиденко, П. Л. Измельчение в химической промышленности / П. Л. Сиденко. — М. : Химия, 1968. — 382 с.
2. Акунов, В. И. Валковые мельницы высокого давления / В. И. Акунов // Строительные и дорожные машины. — 1994. — № 7. — С. 10—11.
3. Ложечников, Е. Б. Технология размола материалов в ролико-кольцевой мельнице центробежного типа / Е. Б. Ложечников, Е. М. Дубовская // Материалы, технологии, инструменты. — Б. м. : [б. и.], 1999. — № 1. — С. 79—81.
4. Ложечников, Е. Б. Центробежная прокатка порошка / Е. Б. Ложечников, О. А. Лабзин // Порошковая металлургия. — Б. м. : [б. и.], 1989. — № 3. — С. 21—25.

Материал поступил в редакцию 25.02.2015 г.

УДК 621.

С. В. Сальников

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тульский государственный университет», Тула, Российская Федерация

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ С ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Введение. Интенсификация и повышение эффективности машиностроительного производства на базе развития научно-технического прогресса — одна из основных задач, решаемых на современном этапе. Это напрямую связано с повышением требований к надёжности и долговечности, что вызывает применение материалов с особыми физико-механическими свойствами. При высоких эксплуатационных показателях они характеризуются крайне низкой обрабатываемостью, высокими технологическими потерями и энергетическими затратами.

Обеспечение высоких темпов развития машиностроения неразрывно связано с интенсификацией процессов механической обработки материалов резанием. Несмотря на значительный прогресс в методах получения деталей без снятия стружки (давлением, точным литьём, сваркой и т. п.), удельная трудоёмкость механосборочных работ не только не уменьшается, но даже возрастает, достигая 60...70% общей трудоёмкости изготовления машин. Это связано с непрерывно растущими требованиями к точности и качеству обработанной поверхности в условиях усложнения конструктивных форм деталей машин и частой смены их номенклатуры. Поэтому повышение эффективности процесса резания является одной из важнейших задач производства.

В создавшейся ситуации наиболее перспективными являются поиски альтернативных путей повышения эффективности процесса резания. К ним следует отнести введение в зону резания дополнительной энергии, снижающей работу образования новых поверхностей. Наиболее перспективным в этом направлении является введение в зону резания электрического тока [1; 2].

Основная часть. Повышение эффективности лезвийной обработки при введении дополнительной энергии в зону резания известны и широко применяются: точение с электроконтактным нагревом зоны резания, вибрационное резание с электрическим подогревом, точение металлов с подогревом в зоне резания, способ обработки металлов с подачей электрического тока в зону резания и другие. Рассмотренные методы эффективны, но энергозатратны. Проведенные исследования показали, что при дозированной подаче электрической энергии в зону резания наблюдается повышение эффективности обработки, уменьшение износа инструмента и снижение энергозатрат по сравнению с ранее известными аналогами. В соответствии с полученными результатами предложен алгоритм управления [1; 3] интенсифицирующим воздействием, обеспечивающий формирование импульсов электрического тока с необходимыми оптимальными параметрами (рисунке 1).

Она включает в себя следующие основные блоки:

УУ — управляющее устройство;

ФДИ — формирователь длительности импульсов;

ФАИ — формирователь амплитуды импульсов.