

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛА ЗАХВАТА В ВИБРОВАЛКОВОМ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕ

Сиваченко Л.А. д-р техн. наук., проф.

Белорусско-Российский университет

Сотник Л.Л. аспирант

Барановичский государственный университет

Измельчение является подготовительной стадией переработки строительных материалов к участию их в последующих физико-химических взаимодействиях с целью получения новых продуктов и изделий [1].

В связи с непрерывным развитием современных технологий и техники появляется необходимость создания новых измельчителей

Одним из подходов к решению проблемы является переход простого процесса измельчения в более сложный механизм управляемого изменения свойств перерабатываемой среды [2]. Это ведет к созданию измельчителей повышенной интенсивности рабочего процесса: вибрационных, планетарных, струйных, электромагнитных и ряда других.

Уникальность существующих методов вибротехники обусловлена широтой кинематических возможностей, повышенной энергонапряженностью, простотой приводного механизма, малой металлоёмкостью и, что особенно важно, созданием особых условий проведения рабочих процессов. К их числу следует отнести: эффект тиксотропного «разжижения» структуры дисперсного материала, переориентацию зёрен твердых частиц, снижения трения между ними, концентрации энергии и выброс её в виде кратковременного импульса, возможность управления потоками движения дисперсных сред [3].

Одним из новых конструкторских решений по разработке измельчителей повышенной энергонапряженности воздействия на частицы разрушаемого материала, является предлагаемый нами вибровалковый измельчительный аппарат [4].

Вибровалковый измельчитель относится к группе кинематических вибрационных машин, т.е. таких машин, у которых ведущее звено имеет вполне определенное абсолютное или относительное движение, зависящее только от геометрических размеров ведущего механизма [5]. Поэтому важной задачей является анализ изменения угловых характеристик вибровалкового измельчителя.

Начало деформации материала ограничено углом захвата (углом деформации). Угол захвата в пресс-валковых агрегатах — это угол β между двумя касательными к поверхностям в точках соприкосновения с дробимым материалом (рисунок 1). Кусок материала будет захватываться, если $\alpha_{\text{деф } R} \leq \beta/2$.

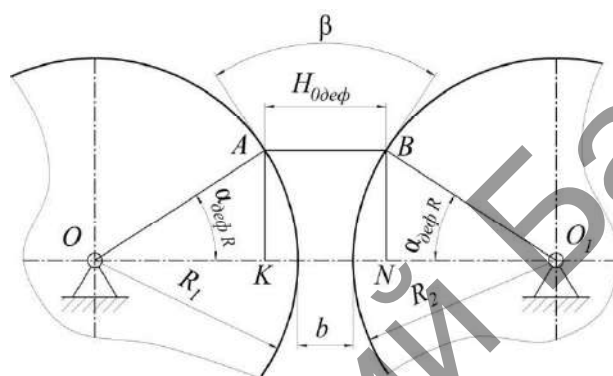


Рисунок 1. Схема определения углов в пресс-валковом агрегате

Для обеспечения нормального измельчения угол захвата не должен превышать двойного угла трения. Для практически гладких валков $\alpha_{\text{деф } R} = 16^\circ \dots 24^\circ$, чтобы исключить выдавливание дробимых кусков из валковой зоны.

В виду эксцентрично установленного одного из валков, разрушение будет происходить при переменном значении радиуса эксцентричного валка и меняющемся значении межвалкового пространства [5, 6].

Изменение радиуса не только улучшает условия захвата материала в зоне подачи, реализует раздавливающее-сдвиговое деформирование частиц, но и разрушает «застойные зоны» подаваемого материала.

Рассмотрим аналитические зависимости, определяющие основные угловые параметры валка вращающегося вокруг своей оси и эксцентрично установленного валка.

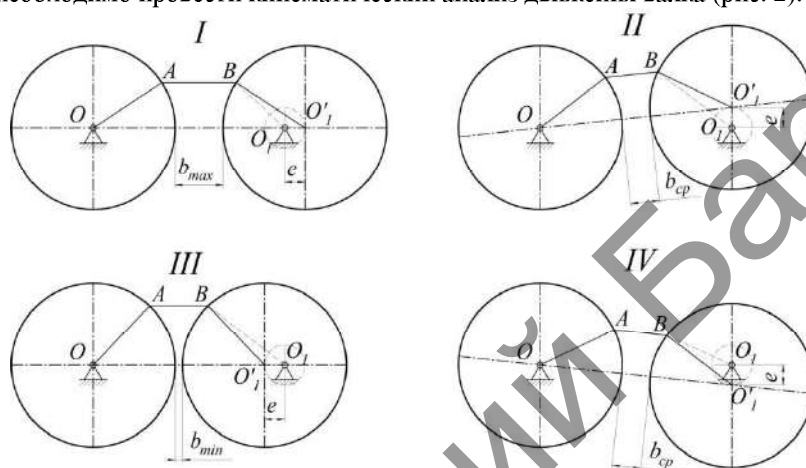
Для пресс-валковых агрегатов (рисунок 1) с постоянным значением межвалкового пространства b при одинаковом значении радиуса валков $R_1 = R_2 = R$ при $e_1 = 0$, $e_2 = 0$ справедливо условие [7]:

$$H_{0 \text{ деф}} = 2R + b - 2R \cos \alpha_{\text{деф } R} = 2R(1 - \cos \alpha_{\text{деф } R}) + b$$

Отсюда после соответствующих преобразований:

$$\alpha_{\text{деф } R} = \arccos\left(1 - \frac{H_{0 \text{ деф}} - b}{2R}\right)$$

Для схемы, где один из валков установлен эксцентрично, необходимо провести кинематический анализ движения вала (рис. 2).



I — при максимальном зазоре; *II* — при среднем зазоре;
III — при минимальном зазоре; *IV* — при среднем зазоре

Рисунок 2. Кинематика движения точек эксцентрично установленного вала

Определяющим параметром при эксцентрично установленном валке будет угол захвата $\alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$ при среднем значении межвалкового пространства $b_{\text{ср}}$ (рис. 3). Рассмотрим положение *II* (положение *IV* рассчитывается аналогичным образом).

$$H_{0 \text{ деф ср}} = 2R + b_{\text{ср}} - 2R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} = 2R(1 - \cos \alpha_{\text{деф } R}) + b_{\text{ср}}$$

Отсюда после соответствующих преобразований:

$$\alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} = \arccos\left(1 - \frac{H_{0 \text{ деф ср}} - b_{\text{ср}}}{2R}\right)$$

Для эксцентрично расположенного вала критическими будут положения максимального b_{max} и минимального b_{min} значений зазора, что соответствует схемам *I* и *III* (рис. 2).

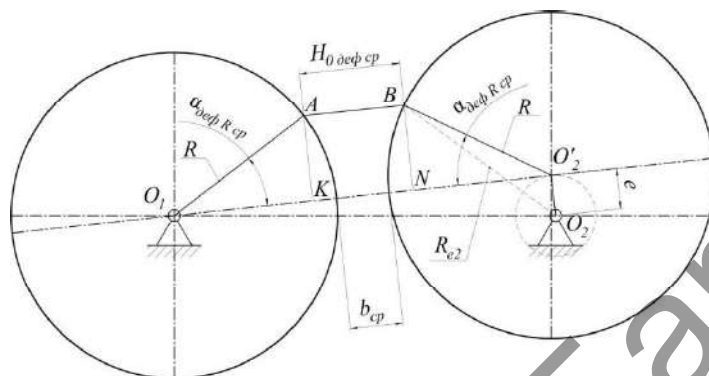


Рисунок 3. Схема определения углов в среднем положении

Для максимального зазора b_{max} (рисунок 4) при $R_{e1} = R$, $R_{e2} = R_{min}$, $e_1 = 0$, $e_2 = e$ из ΔO_1AK и ΔO_2BN при $R_1 = R_2 = R$, $AK = BN = R \sin \alpha_{def R cp}$.

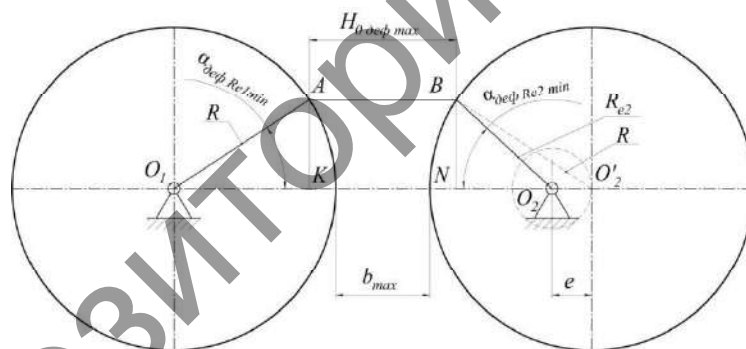


Рисунок 4. Схема определения углов при максимальном зазоре

В то же время, из ΔO_1AK и ΔO_2BN следует:

$$AK = R \cos \alpha_{def R cp} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{def Re1 min}$$

$$BN = (R \cos \alpha_{def R cp} - e) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{def Re2 min}$$

Откуда соответственно:

$$tg\alpha_{\text{деф } Re1 \text{ min}} = \frac{AK}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = tg\alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$tg\alpha_{\text{деф } Re2 \text{ min}} = \frac{BN}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} - e} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} - e}$$

или

$$\alpha_{\text{деф } Re1 \text{ min}} = \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$\alpha_{\text{деф } Re2 \text{ min}} = \arctg \left(\frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} - e} \right)$$

Для минимального зазора b_{min} (рисунок 5) при $R_{e1} = R$, $R_{e2} = R_{\text{max}}$, $e_1 = 0$, $e_2 = e$ из ΔO_1AK и ΔO_2BN при $R_1 = R_2 = R$, $AK = BN = R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$.

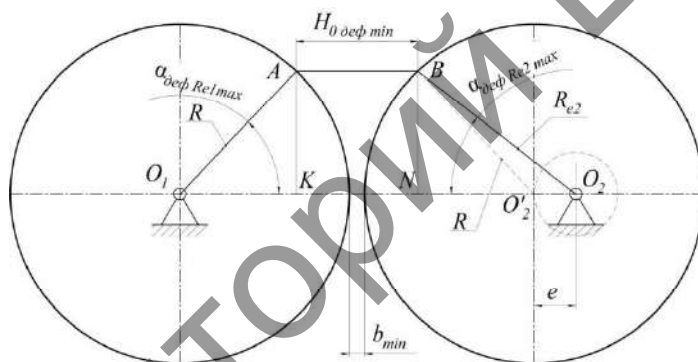


Рисунок 5. Схема определения углов при минимальном зазоре

В то же время, из ΔO_1AK и ΔO_2BN следует:

$$AK = R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} \cdot tg\alpha_{\text{деф } Re1 \text{ max}}$$

$$BN = (R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e) \cdot tg\alpha_{\text{деф } Re2 \text{ max}}$$

Откуда соответственно:

$$tg\alpha_{\text{деф } Re1 \text{ max}} = \frac{AK}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}} = tg\alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$tg\alpha_{\text{деф } Re2 \text{ max}} = \frac{BN}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e} = \frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e}$$

или

$$\alpha_{\text{деф } Re1 \text{ max}} = \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}$$

$$\alpha_{\text{деф } Re2 \text{ max}} = \arctg \left(\frac{R \sin \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}}}{R \cos \alpha_{\text{деф } R \text{ ср}} + e} \right)$$

Проведенный теоретический расчет показывает изменение угла захвата материала от минимального до максимального значения в вибровалковом измельчителе. В свою очередь величина угла захвата зависит от выбранного значения межвалкового пространства в среднем положении, которая определяет величину степени измельчения материала.

Исследованный характер изменения углов захвата (деформации) свидетельствует о наличии сдвиговых деформаций при разрушении материала, что интенсифицирует процесс их измельчения.

Библиографический список:

1. Богданов В.С., Ильин А.С., Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов – Белгород: Везелица, 2007. – 512 с.
2. Хайнике Г. Трибохимия – М.: Мир, 1987. – 584 с.
3. Кузьмичев В.А. Основы проектирования вибрационного оборудования. СПб., Изд-во Лань, 2014.-28с.
4. Сиваченко Л.А., Богданович И.А., Сотник Т.Л. Вибровалковый измельчитель и основы его проектирования Сб. науч. тр. Современные технологии и методы проектирования в строительстве, Луцк, ЛНТУ, 2016, № 5, – С. 32-39.
5. Сиваченко Л.А., Сотник Л.Л. Анализ работы подшипниковых узлов эксцентрикового вала вибровалкового измельчителя. Вестник БарГУ, Серия Технологические науки, Барановичи, Выпуск 5, 2017, – С. 87-92.
6. Сотник Л.Л., Русан С.И., Сиваченко Л.А. Кинематический анализ эксцентрикового вибровалкового измельчителя. Матер. VI Междунар. научного симпозиума Ударно-вибрационные системы и машины для строительной и горной отраслей, ОГУ им. Тургенева, Орел, 2017, – С. 233-241.
7. Романович А.А., Колесников А.В. Основы расчета и проектирования пресс-валковых агрегатов для измельчения анизотропных материалов: монография. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. — 165 с.