

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В СФЕРЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Известно большое количество самых разнообразных измельчительных машин [1], однако это многообразие является следствием как их технологического несовершенства, так и недостаточно реализованных потенциалов развития. Сфера возможного применения вибрационной техники и технологии в горной промышленности определяется теми возможностями вибраций, которые известны сегодня.

Среди вибрационных эффектов, которые с различной степенью полноты используют в горной технике и технологии, следует назвать следующие. Способность вибрационных воздействий менять реологические свойства дисперсных сред. Вибрация разрушает или ослабляет связи в дисперсных средах: под воздействием вибраций различной интенсивности дисперсные среды переходят в состояние псевдооживления и так называемого виброоживления. При воздействии вибрации легче преодолеваются силы сухого и вязкого трения, снижаются предел пластического деформирования и вязкость [2].

Внедрение вибротехники в горно-рудной промышленности осуществляется достаточно высокими темпами, так как существующие средства механизации оказались неконкурентоспособными с новой вибрационной техникой [2; 3].

Основная часть. Рассматриваемый в данной работе вибровалковый измельчитель (рисунок 1) 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 [4—6].

Вибрационное воздействие на материал осуществляется приданием одному из валков дополнительного движения эксцентрично относительно его центральной оси, что способствует созданию в измельчаемом материале сложного объемного нагружения, осуществляемого с большой частотой воздействия.

Вибрационные воздействия, реализуемые в нем, обладают рядом достоинств по сравнению с постоянными используемыми в пресс-валковых агрегатах (ПВА).

Во-первых это эффект облегчения преодоления сил трения. Этот эффект понимается как особое свойство вибраций уничтожать, хотя бы частично, силы трения.

Во-вторых, это эффект выигрыша в силе, т. е. возможность преодоления сопротивления с меньшими усилиями при разрушении (деформации) исходного продукта.

Рассмотрим, как протекает процесс деформирования — статически или динамически — при так называемом квазистатическом нагружении (дробление или прессование горной породы) [2].

При деформировании с постоянной скоростью в ПВА вовлекаемые в процесс частицы материала получают ускорение из неподвижного состояния до скорости деформирования. Поскольку такое возрастание скорости происходит за короткий промежуток времени, возникают значительные силы инерции, препятствующие процессу деформирования. Следует учитывать также, что одновременно действуют упругие силы и силы сопротивления. Для преодоления всех этих упруговязкоинерционных сопротивлений извне приходится прикладывать значительные нагрузки.

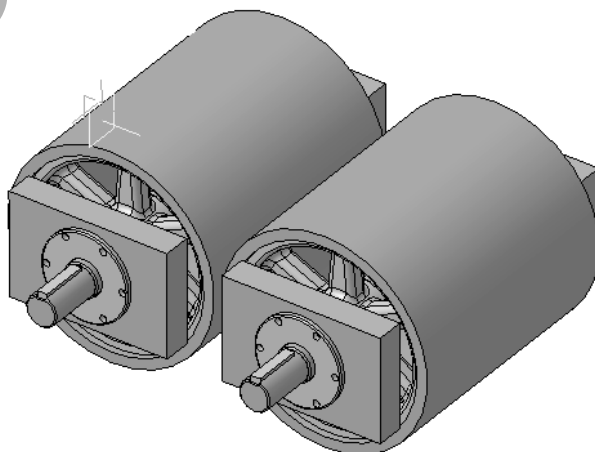


Рисунок 1 — Рабочие органы вибровалкового измельчителя

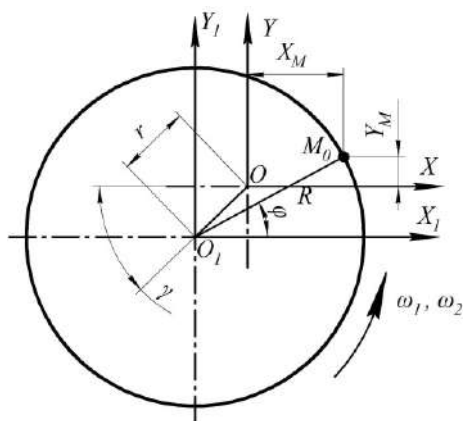


Рисунок 2 — Системы координат при анализе движения точки вибровалка

При периодическом нагружении с правильно подобранной частотой упругие и инерционные силы можно полностью скомпенсировать. В этом случае нужно преодолевать только силы сопротивления. Это одна из особенностей технологической эффективности применения вибрационного воздействия [2].

Помимо этого можно предположить, что и в процессе преодоления сил сухого трения в условиях вибрационного воздействия появляется эффект самокомпенсации упругих и инерционных сопротивлений.

Для определения оптимальных конструктивно-технологических параметров измельчителя необходимо провести теоретический анализ движения точек валка.

Совместим неподвижную систему координат XOY с осью эксцентрикового вала — центром колебаний (рисунок 2), а подвижную систему $X_1O_1Y_1$ — с осью подшипника валка, совершающего плоскопараллельное движение.

Рассмотрим перемещение точки окружности валка (точка M_0). В процессе работы валок совершает сложное движение, состоящее из переносно-поступательного относительно системы $X_1O_1Y_1$ и вращательного по отношению к ней же, а также вращательного движения по отношению к системе XOY .

Эксцентриковый вал вращается с постоянной угловой скоростью ω_1 .

В первом приближении, будем считать, что валок находится в постоянном контакте с измельчаемым материалом. Наложим на него условие постоянного вращательного движения с угловой скоростью ω_2 .

Обрабатываемый материал может постоянно находиться в контакте с валком измельчителя, но этот контакт может также периодически теряться. Отрыв от рабочей поверхности может происходить вследствие того, что связь с измельчаемого материала с валком является неудерживающей [2].

Запишем уравнение движения точки M_0 в проекциях на оси координат XOY :

$$X_M = R \cos \varphi - e \cos \gamma,$$

$$Y_M = R \sin \varphi - e \sin \gamma,$$

где R — радиус валка, м;

e — эксцентриситет, м;

φ — угол поворота валка относительно системы координат $X_1O_1Y_1$, °;

γ — угол поворота эксцентрикового вала относительно системы координат XOY , °.

Заключение. Совмещение вибрационного и вращательного движения валка вибровалкового измельчителя описывается уравнениями движения.

Полученные выводы и разработанные уравнения движения точки валка, расположенного на эксцентриковом валу вибровалкового измельчителя, могут стать основой для создания метода инженерного расчета вибрационных машин подобного типа.

Список цитируемых источников

1. Технологические аппараты адаптивного действия / Л. А. Сиваченко [и др.] — Минск : Издат. центр БГУ, 2008. — 375 с.
2. Гончаревич, И. Ф. Вибротехника в горном производстве / И. Ф. Гончаревич. — М. : Недра, 1992. — 319 с.
3. Богданов, В. С. Процессы в производстве строительных материалов / В. С. Богданов, А. С. Ильин, И. А. Семикопенко. — Белгород : Вевелита, 2007. — 512 с.
4. Сиваченко, Л. А. Анализ работы подшипниковых узлов эксцентрикового вала вибровалкового измельчителя / Л. А. Сиваченко, Л. Л. Сотник // Вестн. БарГУ. Сер. Технологические науки. Вып. 5. — Барановичи, 2017. — С. 87—92.
5. Сотник, Л. Л. Кинематический анализ эксцентрикового вибровалкового измельчителя / Л. Л. Сотник, С. И. Русан, Л. А. Сиваченко // Ударно-вибрационные системы и машины для строительной и горной отраслей : материалы VI Междунар. науч. симп., Орел, 26—27 апр. 2017 г. / редкол.: Л. С. Ушаков (гл. ред.) [и др.]. — Орел : ОГУ им. Тургенева, 2017. — С. 233—241.
6. Сиваченко, Л. А. Оценка эффективности дробления вибровалкового измельчителя / Л. А. Сиваченко, А. Н. Хустенко, Л. Л. Сотник // Вестн. Белорус.-Пос. ун-та. — 2017. — С. 89—97.