

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
„ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”



IV Всеукраїнська науково-технічна
конференція молодих учених, аспірантів та студентів
„Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та
рішень” (АКУ-2018)

22-23 травня 2018 р.

Збірник наукових праць

м. Покровськ

Юр'єв С.А., магістрант, (yuryevsa@gmail.com)

Колларов О.Ю., к.т.н., зав.каф. ЕлІн, (oleksandr.kollarov@donntu.edu.ua)

Зінов'єв С.М., к.т.н., доцент, (serhii.zinoviev@donntu.edu.ua)

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»,
м. Покровськ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА

Тонке і надтонке подрібнення залізних руд та інших корисних копалин в даний час є однією з головних проблем в області збагачення. Останнім часом на деяких гірничо-збагачувальних комбінатах стоять питання подрібнення залізних руд до величини 0,03-0,02 мм і отримання тонкоподрібнених продуктів для виготовлення виробів з вогнетривких матеріалів, виробів з металевих порошків та ін.

У світовій практиці для цілей тонкого подрібнення велике поширення одержали вібраційні млини. Горизонтальні млини мають одну або кілька камер, встановлених в одному корпусі, який приводиться в рух одним або кількома інерційними вібраторами. Приводом млинів, як правило, є жорсткий ексцентриковий механізм.

Для створення вібраційних млинів великих обсягів і продуктивності є млини з вертикальним розташуванням помольної камери. На відміну від інших типів вертикально розташованого циліндричного корпусі цього млина повідомляються коливання уздовж його осі. Внаслідок цього тіла що меляться взаємодіють з днищем робочого циліндра і між собою переважно з ударом. Завантаження подрібнювального матеріалу здійснюється у верхній частині, звідки він самопливом переміщується до місця розвантаження, одночасно заповнюючи всю площу поперечного перерізу робочого циліндра. Завдяки цій конструкції має місце менший, ніж у звичайних вібраційних млинах, знос куль і більш повне використання робочого простору млини [1].

Для подрібнення матеріалів на збагачувальних фабриках видобувної, гірничорудної, металургійної та інших галузей промисловості в основному застосовуються стрижневі й кульові барабанні млини. Ці млини забезпечують переробку великих потоків матеріалів, що є головних їх перевагою перед іншими типами дробарних апаратів. Поряд з цим барабанні млини мають низьку інтенсивність подрібнення і, внаслідок цього, малі питомі продуктивності при великому зносі куль.

Особливістю вібраційних млинів є одночасна участь всього технологічного завантаження в процесі подрібнення матеріалу. Крім того, унаслідок високої частоти коливань вібраційних млинів подрібнюваний у вібраційних млинах матеріал випробовує в одиницю часу на один – два порядки більше ударів, чим кульових барабанних млинах. Природно, енергія одиничного удару кулі вібраційного млина менша, ніж в барабанній, тому вони малоефективні при подрібненні крупних матеріалів їх слід застосовувати при тонкому і надтонкому подрібненні [1, 2].

В даний час вібраційні млини знаходять застосування в хімічній промисловості, при виробництві будівельних матеріалів, металокерамічних і силікатних виробів і т. ін. Використання таких млинів дозволяє отримати подрібнений матеріал розмірами до одного мікрометра. В робочій камері млина матеріал подрібнюється під впливом стирання та ударів спеціальних тіл, які здебільшого виготовляють у вигляді шарів з твердих сплавів сталі або з фарфору. Вібраційні млини залежно від способу отримання вібрації ділять на два типи: гіраційні ті інерційні.

На рисунку 1а показано структуру вібраційного млина гіраційного типу. В якості приводу 1 виступає асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, який обертає через муфту 2 колінчастий вал 3. Вісь вала не співпадає з віссю обертання, тому за рахунок ексцентриситету вал підіймає та опускає корпус 4, який заповнюють матеріалом для

подрібнення та спеціальними кулями 5. Виникаючі відцентрові сили врівноважують противагами 6. Конструкцію встановлюють на пружини 7. Для роботи обирають частоту обертання вала 1500... 000 об/хв, при якій система робить гіраційний рух. Кулі всередині помольної камери циркулюють, натикаються на матеріал і ударами та тертям подрібнюють його.

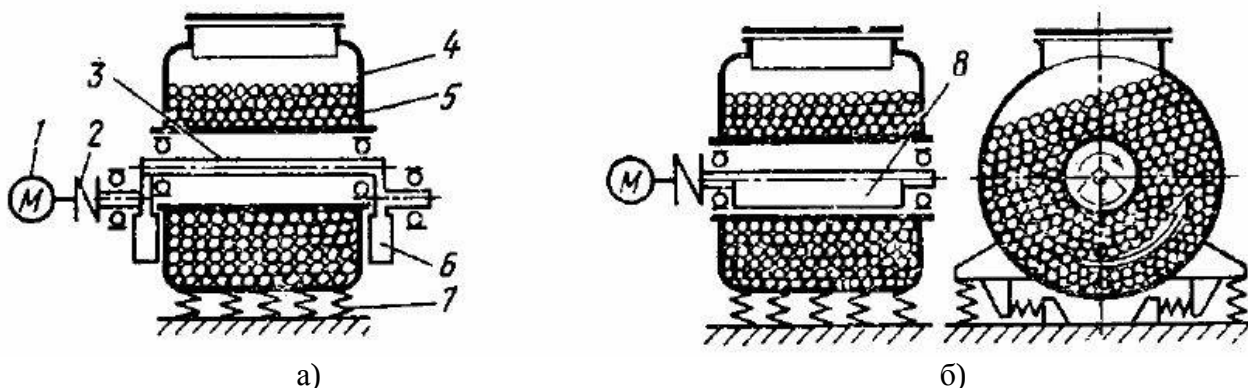


Рисунок 1 – Структура вібраційних млинів: а) гіраційного типу, б) інерційного типу.

На рисунку 1б показано структуру вібраційного млина інерційного типу. Конструкція такого млина доволі схожа на попередню. Для отримання коливань на вал не симетрично встановлюють додаткову масу 8 – дебаланс. Характер руху куль та подрібнювального матеріалу подібний до попереднього млина, а частота обертання валу електродвигуна така сама. Тобто робота електроприводу мало відрізняється вібраційних млинів різного типу.

У зв'язку з тим вимушені коливання корпусу з частотою коливань ω будуть відставати від коливань сили, що змушує коливатись, виникне кут зсуву фаз φ між коливаннями. Тоді коливання координати центра мас системи будуть описуватись рівняннями

$$x = x_a \cos(\omega t - \varphi_x)$$

$$y = y_a \sin(\omega t - \varphi_y)$$

де x_a і y_a – амплітуда коливань вздовж осей x та y відповідно, t – час.

Прийнявши жорсткості пружин в напрямку обох осей рівними та позначивши жорсткість як c , та допустивши, що центр мас корпусу співпадає з віссю обертання валу можна записати систему рівнянь, яка описує коливання корпусу млина

$$m_0 \ddot{x} + b_x \dot{x} + cx = m_0 \omega^2 R \cos(\omega t)$$

$$m_0 \ddot{y} + b_y \dot{y} + cy = m_0 \omega^2 R \sin(\omega t)'$$

де m_0 і m_0 – відповідно маса дебаланса та маса всієї системи, що коливається,

b_x і b_y – коефіцієнти опору сил по осям, R – радіус дебаланса.

Власна частота коливань системи $\omega_0 = \sqrt{c / m_0}$. Нехтуючи як малими дисипативними силами $b_x = b_y = 0$, враховуючи, що $c = m_0 \omega^2$ та продиференціювавши по часу вираз для координат центра мас системи та підставивши в систему рівнянь отримуємо амплітуди коливань

$$x_a = y_a = \frac{m_o R}{m_o (1 - \frac{\omega_o}{\omega})}$$

Млин повинен працювати у резонансному режимі, тому жорсткість опорних пружин обирають у діапазоні $\omega_o / \omega = 1/4 \dots 1/5$. Під частоту коливань підбирають електродвигуном з потрібною частотою обертання валу.

Щоб підтримувати коливання в системі млина за період коливань $T = 2\pi / \omega$ необхідна енергія, яка знаходиться за виразом

$$A = m_o \cdot \omega^2 \cdot R \cdot \int_0^T \dot{x} \cdot dt = \pi \cdot m_o \cdot \omega^2 \cdot R \cdot x_a \cdot \sin \varphi$$

Для розрахунку середньої потужності електроприводу необхідно отриманий вираз для енергії поділити на період коливань системи.

$$N = \frac{A}{T} = \frac{1}{2} \cdot m_o \cdot \omega^3 \cdot R \cdot x_a \cdot \sin \varphi$$

Завдяки проведеним дослідженням обґрунтовані вибір загальної моделі коливання корпусу млина, проведені спрощення та прийняті допущення, в результаті чого отримані вирази для знаходження амплітуди коливань, необхідної енергії для підтримки коливань та розрахунку середньої потужності електроприводу вібраційного млина.

Подальший розвиток пов'язаний зі збільшенням ефективності вібраційних млинів, що можливо за рахунок зменшення втрат енергії при роботі. Суттєвий відсоток втрат приходить на елементи амортизації млинів, тому що традиційно розрахунки власної частоти коливань млина провадяться для системи елементів млина без урахування власної частоти коливань елементів амортизації. Частота власних коливань знаходиться приблизно і буде змінюватись в залежності від завантаження камер матеріалом, помольними шарами та кулями, їх габаритів, амплітуди і частоти коливань, характеристик вузла амортизації. Отже розрахована частота може відрізнятись від резонансної, процес помелу буде менш ефективним а втрати в елементах амортизації зростуть. Тому в узгоджені частот коливань власної і резонансної складається особливість роботи електроприводу вібраційного млина. Застосувати регульований привід, який буде підлаштовувати частоту обертання під резонансну частоту коливань млина було б частковим рішенням проблеми, однак привело б до здороження обладнання, підвищенню вимог до його обслуговування та зниженню надійності обладнання. Тому власну частоту коливань підбирають на етапі проектування близьку до резонансної, а зменшення втрат потужності пропонується зробити за рахунок оптимізації роботи везла амортизації з електроприводом вібраційного млина.

Перелік посилань:

1. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик (Справочное пособие по конструкциям, расчету и эксплуатации шаровых и стержневых мельниц). – М., Госгортехиздат., 1963г. – 447с.
2. Олевский В. А. Конструкции, расчеты и эксплуатация дробилок. – М.: ГНТИЛЧЦМ, 1958 – 459 с.
3. В.Я. Борщев. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. 75с.
4. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки: Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.