

**С.Л. БУКІН**, канд. техн. наук,

**А.С. БУКІНА**

(Україна, Донецьк, Донецький національний технічний університет)

## **НОВА КОНСТРУКЦІЯ БІГАРМОНІЙНОГО ВІБРОМЛИНА ДЛЯ ТОНКОГО ПОДРІБНЕННЯ РІЗНОМАНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.* Тонке подрібнення матеріалів знаходить широке застосування в будівельній, гірничорудній, металургійній, харчовій, хімічній і інших галузях промисловості. Різноманітність типів и типорозмірів млинів для тонкого подрібнення пояснюється різноманітністю оброблюваних матеріалів, відмінностями вимог до продуктів подрібнення і масштабами відповідних виробництв. В сучасних умовах пред'являються все нові і більш високі вимоги до продуктів подрібнення, отримують розвиток енергозберігаючі технології переробки корисних копалин та інших матеріалів, значно збільшуються обсяги виробництв з операціями подрібнювання, зростає інтерес до механоактивації твердих мінералів та отриманню матеріалів з більш високими технологічними властивостями. Зазначені цілі потребують розробки і впровадження більш досконалих подрібнювачів. Для тонкого подрібнення найбільше розповсюдження отримали подрібнювачі стирючороздавлюючої дії (жорнові подрібнювачі, бігуни, катково-тарільчаті млини, кульково-кільцеві млини, бісерні млини), ударної дії (бийні млини, шахтні млини, дезінтегратори і дісmembратори, відцентрові, барабанні та газоструйні млини) та ударно-стираючої дії (вібраційні, планетарні, гігроскопічні млини, колоїдні, віброкавітаційні млини та інші.) [1].

Принцип раціональної організації дроблення та подрібнення з енергетичних позицій передбачає руйнування багатокomпонентного матеріалу переважно по поверхні розділу фаз [2]. Найбільш повно цей процес може бути реалізований в машинах і пристроях вібраційного типу. Багаточисленні дослідження щодо тонкого подрібнення дозволили зробити висновок, що найбільш ефективним засобом для отримання продукту з гранулометричним складом -50 мкм при вихідному живленні крупністю 2-10 мм та відносно невеликій продуктивності за кінцевим продуктом (до 10 т/год) є застосування вібраційних млинів.

Вібраційні млини частіше за все забезпечуються відцентровим віброзбудником. В залежності від розташування помольної камери у просторі всі вібромлини розділяють на горизонтальні, вертикальні та похилі. У горизонтальних млинах подрібнення матеріалу відбувається в результаті ударного та стираючого впливу подрібнюючого тіла. Тому при подрібненні міцних та абразивних матеріалів в продукті подрібнення може міститись значна кількість домішок від намелу тіл подрібнення і футеровки. У вертикальних млинах переважає ударний характер контактування подрібнюючих тіл, а стираюча взаємодія є мінімальною [3]. В свою чергу організувати безупинний процес подрібнювання в го-

ризонтальних вібромлинах простіше, ніж в вертикальних. Крім того, по можливості обертання робочого органу всі вібромлини можуть бути розділені на дві групи: млини з нерухомою помольною камерою та млини з камерою, що обертається. Незважаючи на очевидні переваги вібраційних млинів з камерою помелу, що обертається, технічна реалізація окремих елементів та конструкції млина у цілому стикається зі значними проблемами.

Інтенсифікація тонкого подрібнення може йти по ряду напрямів, одним з яких є реалізація в конструкціях вібромлинів горизонтального типу двовимірних і тривимірних складних коливань, збуджуючих змінну швидкість руху подрібнюючих тіл [4].

Тому дослідження, які сприяють створенню нових конструкцій вібромлинів, що інтенсифікують тонке подрібнення різноманітних матеріалів, мають актуальний характер.

*Аналіз досліджень і публікацій.* Перші вібраційні млини були створені в середині тридцятих років минулого століття і в даний час одержали широке застосування в різних галузях промисловості, як найбільш ефективні пристрої для тонкого подрібнення матеріалів. Застосування вібраційних млинів, в порівнянні з іншими типами млинів, дозволяє зменшити витрати електроенергії, підвищити продуктивність, зменшити знос помольних тіл і помольної труби, використовувати помольні тіла з різних матеріалів, досягти високої тонини помелу, одержати чистіший кінцевий продукт, проводити процес подрібнення у вакуумі, в інертному середовищі, при різних температурах.

При обертанні центрованого приводного валу вібратора помольна труба вібромлина з помольними тілами і подрібнюваним матеріалом приводиться в гармонійний коливальний рух по траєкторії, близькій до кругової. Поле траєкторій всіх точок помольної труби – однорідне, оскільки зазначені траєкторії мають однакову форму і однакові параметри. Рух помольних тіл у вібраційному млині відбувається в сторону, протилежну обертанню віброзбуджувача. Подрібнюваний матеріал проходить уздовж корпусу в складному русі по спіралі. При цьому кулі чи стрижні подрібнюють матеріал ударом і стиранням.

Кругова циркуляція помольних тіл, яка виникає за рахунок однорідного кругового або еліптичного поля траєкторій руху корпусу помольної труби, не створює достатньо інтенсивного перемішування помольних тіл і подрібнюваного матеріалу. Внаслідок цього утворюються застійні зони, відбувається сегрегація помольних тіл і матеріалу, що є істотним недоліком вібраційних млинів такого типу. Це різко знижує ефект вібраційної дії помольних тіл на подрібнюваний матеріал і ефективність подрібнення.

Продуктивність вібраційних млинів залежить від багатьох чинників. З досліджень і практики відомо, що визначальними чинниками продуктивності є частота вібрацій (число розмелюючих імпульсів) і амплітуда. Із збільшенням частоти вібрацій продуктивність наростає майже лінійно. Підвищення амплітуди дозволяє поширювати розмелюючі імпульси від внутрішніх стінок помольної труби на більшу частину її робочого об'єму [3].

## **Підготовчі процеси збагачення**

У відомих вібраційних млинах з круговими вібраціями підвищення продуктивності за рахунок збільшення частоти вібрацій і її амплітуди обмежено внаслідок постійно діючих (з періодом гармонійних коливань) великих механічних прискорень. Так, у відомих високопродуктивних млинах прискорення складає максимум  $9g$  при амплітуді  $17\text{мм}$ , частоті вібрацій  $960\text{ кол/хв}$  [5]. Такі постійно діючі екстремальні прискорення викликають значні технічні проблеми, як при конструюванні, так і при експлуатації вібраційних млинів. Подальше збільшення продуктивності вібраційних млинів зазначеним шляхом навряд чи можливо.

Останніми роками експериментальними дослідженнями встановлено і промисловою практикою підтверджено, що полігармонійний склад робочих дій на оброблюваний технологічний продукт істотно ефективніший, ніж простій гармонійний. Чим багатше спектральний склад використовуваних вібраційних дій, тим вище вірогідність формування в структурах оброблюваного середовища високоефективних резонансних і близьких до резонансних режимів переміщень і деформацій і тим ширше обхват активного об'єму [6]. Однак внаслідок складності формувань полічастотних режимів коливань на даному етапі розвитку вібраційної техніки в якості достатньо простого, але ефективного рішення, можуть бути успішно використані бігармонійні режими роботи.

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування і розробка нової конструкції вібраційного млина з бігармонійним режимом роботи, що інтенсифікує процес тонкого подрібнення матеріалів.

*Викладення матеріалу та результати.* В основу досліджень поставлена задача удосконалення вібраційного млина, в якому за рахунок генерування неоднорідного поля траєкторій бігармонічних коливань помольної труби забезпечується підвищення його продуктивності.

Істотною особливістю нової конструкції вібромлина є те, що осі обертання обох дебалансних віброприводів не проходять через центр ваги коливальної системи. В результаті кожний дебалансний вібропривід генерує не тільки відцентрову збуджуючу силу, але і збуджуючий момент, величина якого прямо пропорційна відцентровій збуджуючій силі і відстані від осі обертання дебалансного віброприводу до центру ваги коливальної системи. Саме з цієї причини поле траєкторій всіх точок помольної камери буде неоднорідним, оскільки траєкторії різних точок помольної камери не однакові як за формою, так і за іншими параметрами.

Вібраційний млин нового типу (рис. 1) представляє собою бігармонійну коливальну систему, що включає помольну трубу 1 з помольними тілами 2, яка з'єднана за допомогою пружних елементів 3 з нерухомою основою 4. Вібромлин забезпечений двома дебалансними віброприводами 5, кожний з яких включає приводний вал 6 з індивідуальним приводом обертання 7, виконаним з можливістю незалежної зміни кутової швидкості і напрямку обертання. Для збудження коливань вібромлина на приводному валу 6 встановлені дебаланси 8.

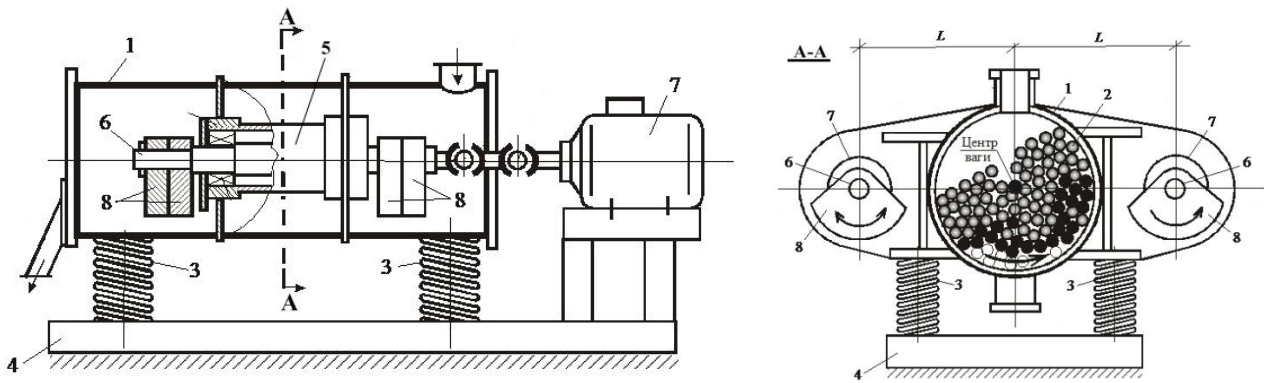


Рис. 1. Конструкція бігармонійного вібротлина

Шляхом регулювання частоти і амплітуди коливань відповідних гармонік, а також реверсу одного з електродвигунів приводів можливо управляти в широкому діапазоні силовою дією помольних тіл на подрібнюваний матеріал. Складний циркуляційний і вібраційний рух помольних тіл разом з подрібнюваним матеріалом дозволяє усунути застійні зони в робочому просторі помольної труби, інтенсифікувати процес подрібнення матеріалу, збільшити продуктивність вібраційного млина.

Дослідження вібраційних процесів проводилося на експериментальній установці (рис. 2).

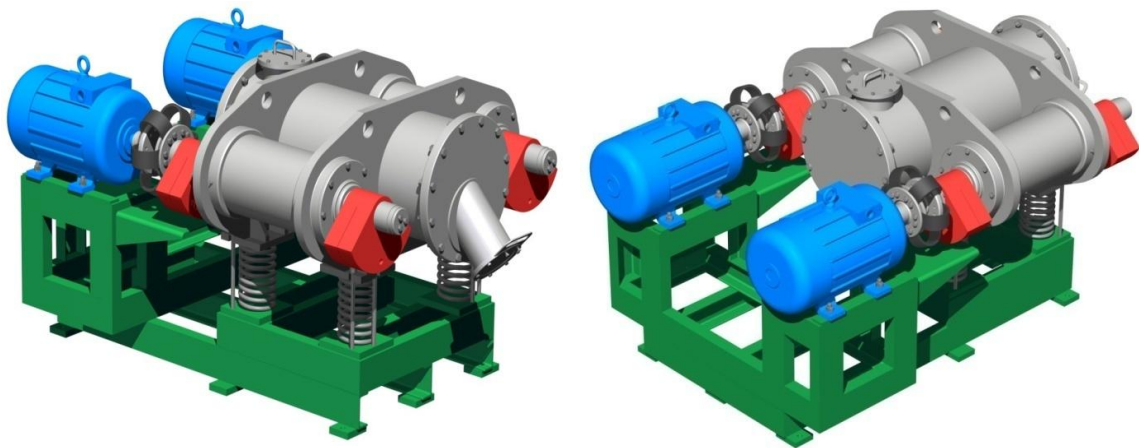


Рис. 2. Загальний вигляд експериментального зразка бігармонійного вібротлина

Розглядалися вібраційні процеси і параметри коливань (траєкторії коливань, вібраційні переміщення, вібраційні прискорення уздовж осей X, Y) в п'яти характерних точках помольної труби (рис. 3): точка А – розташована в центрі ваги коливальної системи, точки В і С – розташовані на горизонтальній осі (X), відповідно праворуч і ліворуч від центру ваги коливальної системи, і точки D і E – розташовані на вертикальній осі (Y), відповідно нижче і вище центру ваги коливальної системи.

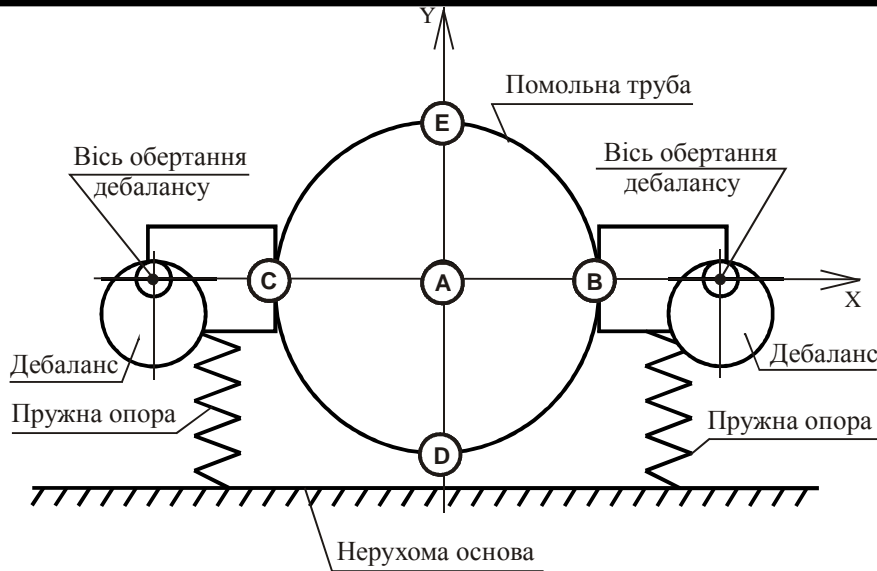


Рис. 3. Точки виміру динамічних параметрів бігармонійного вібротлина

Результати досліджень представлені в таблиці.

	Точка А	Точка В	Точка С	Точка D	Точка Е
Траєкторія коливань					
Вібраційні прискорення по осі X					
Вібраційні прискорення по осі Y					

Для порівняння результатів графіки по кожному параметру представлені в однаковому масштабі і відповідають адекватним періодам (моментом) часу.

Як видно з таблиці, жодна з характерних точок помольної труби не має однакових параметрів. Графіки вібраційних прискорень по двох взаємно перпендикулярних осях свідчать про їх високий рівень, а також істотну відмінність амплітудних значень динамічних параметрів в різних точках поперечного перетину помольної камери.

Неоднорідне поле вібрацій корпусу помольної камери створює циркуляційні потоки помольних тіл і подрібнюваного матеріалу, в яких відбувається їх інтенсивне перемішування. За рахунок підвищеного градієнта енергії вібраційної дії на об'єкт в усіх точках поперечного перетину помольної труби підвищується ефективність вібраційної дії помольних тіл на подрібнюваний матеріал, що забезпечує також підвищення продуктивності вібраційного млина.

Проведені дослідження лягли в основу патенту на винахід.

*Висновки та напрямки подальших досліджень.* Встановлено, що складний рух тіл, що мелють у вібраційному млині для створення оптимальних умов руйнування може бути забезпечений неоднорідним полем коливань, яке створюється бігармонійним дебалансним віброприводом. Розроблена конструкція інерційного вібраційного млина нового типу з реалізацією бігармонійного режиму роботи. Подальші дослідження даного млина йтимуть в двох напрямках – вивчення динамічних і енергетичних показників і дослідження раціональних параметрів млина при подрібненні всіляких матеріалів.

### Список літератури

1. Подрібнювання. Енергетика і технологія / Г.Г. Півняк, Л.А. Вайсберг, В.І. Кириченко и др. – Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 314 с.
2. Селективное разрушение материалов. / Под ред. В.И. Ревнивцева – М.: Недра, 1988. – 286 с.
3. Овчинников П.Ф. Виброреология. – К.: Наукова думка, 1983. – 271 с.
4. Овчинников П.Ф., Орлова Н.Д. Новое оборудование для измельчения / Материалы конф. "Теория и практика процессов измельчения и разделения". – Одеса, 1994. – С. 36-40.
5. Опис винаходу по викладеній заявці ФРН № 3224117, В02С 19/16, 29.06.1982.
6. Гончаревич И.Ф. О повышении производительности и рентабельности промышленных нанотехнологий. – М.: РИА. Секция "Горное дело" / <http://www.slaviza.ru/mashinostroenie/> – 2010.

© Букін С.Л., Букіна А.С., 2012

*Надійшла до редколегії 31.03.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.І. Назимко*