

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ВІДЦЕНТРОВОГО МЛИНА

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

В роботі досліджено вплив геометричних параметрів робочого органу на інтенсивність процесу подрібнення та питомі енерговитрати. Виявлено раціональну відстань між більшими елементами та довжину більшого елемента стрижневого S-подібним робочим органом. Дані рекомендації до вибору конструкційної форми робочого органу з метою досягнення найменших питомих енерговитрат.

Постановка проблеми

Одним з найбільш енерго- та металоємним у хімічній промисловості є процес подрібнення [1], тому задача зменшення питомих енерговитрат на процес подрібнення та металоємності млинів не втрачає своєї актуальності вже на протязі багатьох років.

В останні десятиліття увагу багатьох дослідників привертають відцентрові млини [2,3], що показали відмінні характеристики у таких критеріях як простота конструкції, низькі питомі енерговитрати та металоємність. Принцип роботи цих млинів подібний і заснований на руйнуванні матеріалу при взаємодії його з більшими елементами робочого органу в полі відцентрових сил. Основною відмінністю між відцентровими млинами є конструктивне виконання робочого органу, при цьому основною проблемою залишається розробка робочих органів млинів, що забезпечують мінімальні питомі енерговитрати на процес подрібнення.

Аналіз останніх досліджень

Низка дослідників надають перевагу робочим органам, що виконані у вигляді дискових роторів з розташованими на периферії більшими елементами [4,5], які розганяють подрібнюємі матеріал і направляють його на відбійні лопатки, при зіткненні з якими він і руйнується. Такий механізм подрібнення має суттєві недоліки: великі питомі енерговитрати на процес подрібнення, оскільки при обертанні лопаток дискового ротора виникають значні сили опору, які пропорційні швидкості у третьому ступені; такий робочий орган малоефективний при тонкому подрібнюванні, так як при обмеженій швидкості обертання ω часткам матеріалу з малою масою m не можна надати великої кількості руху $m \cdot \omega$, яка є мірою взаємодії тіл.

Тому була поставлена задача розробити і дослідити робочий орган, який забезпечить процес подрібнювання при мінімальних аеродинамічних силах опору. Було запропоновано робочий орган у вигляді тонкого стрижня S-подібної форми [5,6]. У цьому випадку при обертанні робочого органу сили аеродинамічного опору мінімальні, що дозволяє реалізувати відносно великі частоти обертання, при цьому кутові швидкості обертання оброблюваного середовища значно менші ніж кутова швидкість обертання робочого органу.

Тому метою статті є обґрунтування параметрів робочих органів відцентрового млина, що забезпечують зменшення питомих енерговитрат на процес подрібнення.

Виклад основного матеріалу. Випробування виконувались на лабораторному відцентровому млині у циклічному режимі без неперервного видалення подрібненого матеріалу. Дослідження здійснювалось для робочого органу відцентрового млина замкнутої S-подібної форми, що наведений на рис. 1.

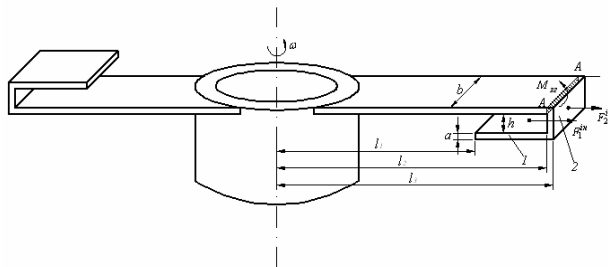


Рис. 1. S-подібний робочий орган

При дослідженні вихідним матеріалом був вуглецевий твердий залишок піролізу (надалі ТЗП), з якого попередньо магнітною сепарацією було видалено всі залізні включення. Гранулометричний

склад вихідного матеріалу представлено на рис. 2.

Методика експерименту

Попередньо у помольну камеру об'ємом 21 л завантажувалося 3,5 кг ТЗП та проводили його подрібнення впродовж 1 хв при режимі, якому відповідає частота обертання робочого органу 4475 об./хв, а лінійна швидкість на кінці робочого органу близько 102 м/с. Час подрібнення вимірювався секундоміром, а споживана потужність стрілочним ваттметром у комплекті з трансформатором струму і записувалась на відео для подальшої обробки. Після здрібнений матеріал проходить ситовий аналіз за допомогою лабораторного вібраційного розсіву та сит з пропускними розміром 100, 80, 63, 40 мкм. У такій послідовності експеримент виконувався для різних конструкцій робочого органу. Для кожного експерименту аналіз гранулометричного складу подрібненого матеріалу виконувався за п'ятьма зразками і вираховувалося середнє значення та середньоквадратичне відхилення з метою уникнення випадкових помилок.

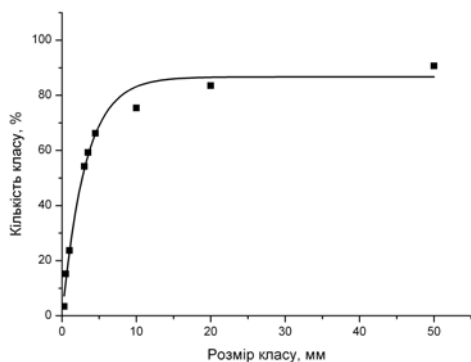


Рис. 2. Гранулометричний склад вихідного продукту

Вплив зазора між більними елементами робочого органу на інтенсивність тонкого подрібнення

Важливими конструктивними параметрами робочого органу є зазор між більними елементами h і довжина l (рис. 1). Для визначення раціональної величини h було проведено ряд випробувань при значеннях зазора 2, 4, 6, 8 мм за методикою наведеною вище.

Графік залежності виходу класу менше 40 мкм від розміру зазора надано на рис. 3.

Як видно з графіка при збільшенні зазору між більними елементами від 2 до 4 мм спостерігається стрімке зростання кількості матеріалу класу менше 40 мкм від 6,78% до 16,37%, при збільшенні зазора до 6 мм відбувається падіння до 8,59%, подальше зростання зазора до 8 мм дає на виході 9,3% матеріалу класу менше 40 мкм. Отже, виходячи з позиції досягнення найбільшої інтенсивності надтонкого подрібнення раціональним є вибір зазору 4 мм між більними елементами.

Потужність, що споживалася млином при сталому режимі роботи для різних значеннях за-

зору з врахуванням класу точності приладу, була майже однаковою і склала 1,73 кВт. Питомі енерговитрати, що обчислювались за формулою

$$E = \frac{P}{m} \cdot t,$$

де E – питомі енерговитрати, кВт·год/т; P – потужність, що споживається млином, кВт; m – маса матеріалу класу менше 40 мкм, т; t – час, год. Дані по енерговитратам приведені на рис. 4.

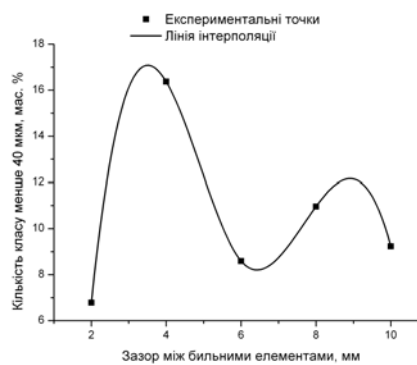


Рис. 3. Вплив відстані між більними елементами на утворення класу менше 40 мкм

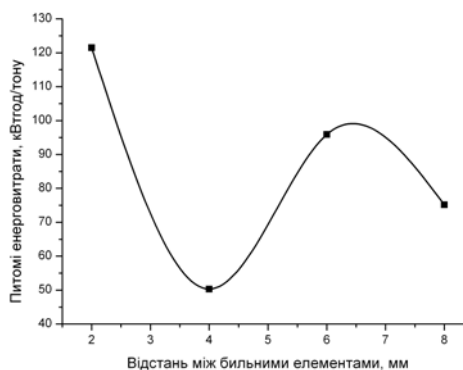


Рис. 4. Вплив зазору між більними елементами на питомі енерговитрати процесу подрібнення

Як видно з графіка рис. 4 найменші питомі енерговитрати будуть при зазорі між більними елементами рівними 4 мм. Отже, при зазорі 4 мм будуть найбільшою продуктивність та найменші питомі енерговитрати.

Вплив довжини більного елемента на інтенсивність процесу подрібнення

Оскільки матеріал, що подрібнюється під дією відцентрових сил, зосереджується на периферії робочого органу, де лінійні швидкості найбільші, то можна передбачити, що інтенсивність подрібнення матеріалу буде різною по довжині робочого органу. Впливу довжини більних елементів визначався зміною довжини загнutoї ділянки S-подібного робочого органу так як вона визначає довжину активної частини робочого органу.

Дослідження виконувались для робочих

органів, у яких довжина загнutoї ділянки (ділянка 1 рис. 1) складала 0, 20, 40, 60, 80 мм.

Результати експерименту наведені на рис. 5, з якого витікає, що збільшення довжини бильного елемента понад 45 мм не призводить до помітного збільшення продуктивності.

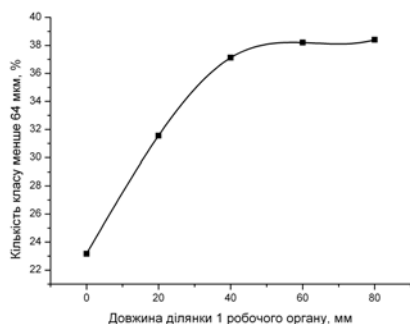


Рис. 5. Вплив довжини ділянки 1 S-подібного робочого органу на інтенсивність процесу подрібнення ТЗП

Це свідчить про те, що основна маса матеріалу подрібнюється у периферійній зоні млина, яка при частоті обертання 4500 об./хв складає 10–15% від радіусу робочого органу.

Вплив кількості бильних елементів на процес подрібнення

Очевидно, при збільшенні бильних елементів робочого органу збільшиться продуктивність млина. Але залишається невідомим вплив кількості бильних елементів на кінетику процесу та питомі енерговитрати на подрібнення. Крім того в ході експерименту було помічено налипання матеріалу між бильними елементами. Тому була розроблена нова конструкція S-подібного робочого органу де з'єднувальна пластина між бильними елементами нахилена під кутом 10° до радіальної площини робочого органу. На рис. 6 наведений робочий орган з додатковими двома бильними елементами, що охоплюють зону інтенсивного подрібнення.



Рис. 6. Досліджуваний S-подібний робочий орган нової конструкції

В результаті випробувань було отримано гранулометричний склад подрібненого твердого залишку піролізу, що наведено на рис. 7.

Аналіз гранулометричного складу подрібненого ТЗП (рис. 6) показує, що зі збільшенням кількості бильних елементів збільшується продуктивність. Розрахунки показують, що при цьому збільшується споживана потужність і знижуються питомі енерговитрати. Крім того, дослідження показали, що зміщення на 10° пластини, яка з'єднує

бильні елементи дозволяє ліквідувати ефект налипання матеріалу на робочий орган.

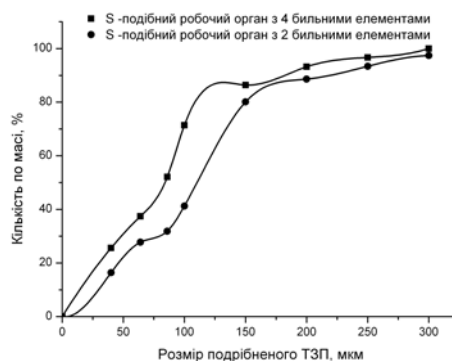


Рис. 7. Гранулометричний склад подрібненого ТЗП робочими органами з різною кількістю бильних елементів

Висновки

1. Активна довжина стрижневого робочого органу складає (10–15%) його діаметра.
2. Найбільша продуктивність та найменші питомі енерговитрати будуть при зазорі між бильними стержневими елементами 4 мм.
3. Збільшення кількості бильних елементів (з двох до чотирьох) призводить до збільшення продуктивності та зниження питомих енерговитрат (для умов експерименту на 80% і 18% відповідно).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. — М: Металлургиздат, 1959. — 437 с.
2. Бардовский А.Д. Центробежная планетарная мельница // Каталог научно-технических разработок. — М.: МГТУ, 1999. — С.100.
3. Пушпакаев Б.Т. Обоснование параметров дифференциально-центробежной мельницы для сверхтонкого измельчения горных пород: Дис...канд. техн. наук. — М., 1989. — 141 с.
4. Перевалов В.С., Бардовский А.Д., Кряжев Н.М. Оптимизация формы рабочей поверхности разгонных роторов центробежной мельницы // Моделирование в механике: Материалы сорокового симпозиума в Силезском техническом ун-те. — Польша, 2001. — № 17. — С.157-162.
5. Виноградов Б.В., Осташко И.А. Об энергетических характеристиках центробежных мельниц с S-образным рабочим органом // Вістник НТУ «ХПІ». — 2009. — № 25. — С.164-169.
6. Виноградов Б.В., Емельяненко В.И., Осташко И.А. Анализ влияния измельчения твердого остатка процесса пиролиза изношенных автомобильных шин в центробежных мельницах на структурность получаемого продукта // Вопр. химии и хим. технологии. — 2009. — № 2. — С.159-162.

Надійшла до редакції 3.07.2012