

УДК 678.4.002

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ РОТОРНОЇ ДРОБАРКИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ВІДХОДІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Менько Ю. Г., Місяць В. П.

Київський національний університет технологій та дизайну

Розглядається проблема переробки відходів полімерних матеріалів, а саме створення нового ефективного обладнання для їх подрібнення. Метою досліджень є вдосконалення конструкцій роторних дробарок з метою зменшення динамічних навантажень і підвищення якості вихідного продукту. Запропоновано нову конструкцію решета, яка ввійде до складу роторної дробарки, що дозволить компенсувати вплив нерівномірності подачі подрібнюваного матеріалу і тим самим підвищити надійність роботи роторної дробарки. Введення до складу роторної дробарки решета запропонованої конструкції дозволяє забезпечити підвищення надійності її роботи.

Ключові слова: роторна дробарка, полімерні матеріали, решето, конструкція

На сьогоднішній день існує велика кількість переробного обладнання, яка дозволяє отримувати вихідний матеріал необхідного розміру і форми [1]. Велике розмаїття обладнання дозволяє висувати, відповідно, різноманітні вимоги до нього. Це можуть бути якість переробки, ступінь дисперсності вихідного матеріалу, енергетичні витрати на переробку одиниці об'єму матеріалу, продуктивність обладнання. Для того, щоб зорієнтуватись в великій кількості обладнання, правильно підібрати те чи інше устаткування залежно від вихідних умов переробки, була розроблена класифікація усього існуючого обладнання за типовими ознаками, що притаманні певним групам подрібнювачів. Основними ознаками є вид подрібнюваного матеріалу, його вихідна дисперсність, тип робочого органу, продуктивність.

Класифікація подрібнювачів розпочинається, перш за все, з розділення усього обладнання за типом подрібнюючого (робочого) органу. Це пов'язано з тим, що саме подрібнюючий орган є головним елементом конструкції, від якого залежить вид матеріалу, що буде подрібнюватись, його дисперсність, якість і продуктивність процесу переробки.

Усі існуючі пристрої для подрібнення, поділяються на дві великі групи: подрібнювачі без подрібнюючих тіл і з подрібнюючими тілами.

Ефективність роботи такого обладнання характеризується в більшій мірі потужністю приводу та робочим органом. Варіантів виконання робочих органів дуже

багато. Така різноманітність пов'язана з широким діапазоном подрібнюваних матеріалів. В такому обладнанні при проектуванні враховуються фізико-механічні властивості матеріалів, динаміка взаємодії робочих органів з матеріалом, що подрібнюється. Використання різних як за конфігурацією, так і за способом подрібнення матеріалів робочих органів дозволяє отримувати досить широкий діапазон фракцій вихідного матеріалу.

Маючи ряд переваг, роторні дробарки мають свої недоліки: висока енергоємність, інтенсивний знос робочих органів. Тому внесення в їх конструкцію різного типу змін, направлених на отримання якісного готового; продукту, і зниження енергоємності процесу є актуальним завданням.

На даний час існує досить велика, різноманітність дробарок, але, незважаючи на це, вони всі мають загальні конструктивні елементи і аналогічний принцип роботи.

Постановка завдання

Метою дослідження є вдосконалення конструкції решета роторної дробарки і підвищення якості вихідного продукту.

Результати досліджень

Особливу роль в організації робочого процесу при подрібненні матеріалу слід відвести решету.

Від величини отворів решета, форми отворів, товщини решета і від площі поверхні решета залежить ступінь подрібнення матеріалу і продуктивність роторної дробарки.

Роль решета в процесі подрібнення вивчалася багатьма вченими. Одні автори стверджують, що решето безпосередньо бере участь в процесі подрібнення, інші автори відводять решето контролюючу роль.

Досліджуючи ступінь впливу решета на ефективність роботи роторної дробарки [2] було встановлено, що збільшення площі решета підвищує продуктивність дробарки і знижує енергоємність процесу. Якість отриманого матеріалу, за його висновками, при подрібненні матеріалу в решітних дробарках значно вища, ніж в без решітних, при цьому він радить максимально збільшити загальну площу сепаруючої поверхні.

При дослідженні кромки отворів решета [2] роторної дробарки зроблений висновок, що їх знос негативно впливає на якість подрібнюючого матеріалу і підвищує питомі витрати енергії на 18-26%.

Досліджено вплив розмірів отворів решета на робочий процес [2] роторної дробарки. В дробарку встановлено решето з продовгуватими отворами і пробивними. Дослідження показали, що при великих навантаженнях решета забиваються і знижується їхня пропускна здатність. Решета з продовгастою формою отворів підвищують продуктивність і зменшують питому витрату енергії на 80-90%.

Площа перерізу [3] решітки у різних дробарках закритого типу становить 0,08...0,35 мм. Було встановлено, що при збільшенні площі перерізу на 9% продуктивність дробарки зростає на 35%; а питомі витрати енергії знижуються на 13%. У дробарках закритого типу кут охоплення решітки становить 120...360° і лімітується здебільшого способом подачі матеріалу в камеру дробарки. Очевидно, що при куті охоплення 360° створюються найкращі умови для видалення подрібненого матеріалу з дробильної камери. Це підтверджують результати досліджень дробарки BLOUNT фірми GMBH (ФРН).

Деякі дослідники [4] рекомендують виготовляти робочі кромки отворів решета під певним кутом, що дозволить їм довгий час залишатися гострими і тим самим покращити процес подрібнення матеріалу.

Решето є одним з основних конструктивних елементів роторної дробарки і як показав огляд робіт присвячених дослідженню його впливу на ефективність роботи дробарки, цим питанням займалося багато вчених. Така увага до поверхні решета не випадкова. Досить згадати, що величина частинок одержуваного продукту однозначно визначається конструктивними властивостями поверхні решета: його товщиною, розміром отворів, їх формою, коефіцієнтом перетину і т. д. Цими ж параметрами визначається і пропускна здатність решета дробарки те, що по цій поверхні з більшою швидкістю рухається подрібнений продукт, дає підставу припускати про його участь в процесі руйнування.

Якщо проаналізувати рух частинок по поверхні решета то можна сказати, що їх руйнування відбувається тільки за рахунок зрізу по краю отворів решета.

В існуючих конструкціях роторних дробарок закритого типу утворюється замкнений кільцевий шар, який складається з безлічі частинок які беруть участь в усіх можливих переміщеннях як між собою так і по поверхні робочих органів. Кільцевий замкнутий шар є неодмінною умовою роботи решітних дробарок. У цьому шарі рухаються всі частинки, що надходять в дробильну камеру і підлягають подрібненню, розмір яких коливається від малих пилинок до цілих частинок. Відстань між ними

визначається, від нескінченно малого значення до 0,01 мм. Кадри швидкісної кінозйомки, а також численні спостереження показали рух частинки в кільцевому шарі суцільною масою, що призводить до виникнення тертя між ними. Тому кільцевий шар можна представити як потік взаємопов'язаних частинок певним закономірностям.

Продуктовий шар в робочій камері рухається по поверхні решета під дією ножів і повітряного потоку, який утворюється ротором, при цьому ножі і решето розташовані один від одного на деякій відстані, на основі чого можна припустити розділення кільцевого шару на дві зони (рис. 1).

Зона 1 – це простір від внутрішньої поверхні решета до кінця ножів, тобто обмежується проміжком між решетом і ножами. Взаємодія частинок в цій зоні визначається інерційними силами;

Зона 2 – простір від кінців ножів до внутрішньої границі шару. В цій зоні відбувається активне руйнування частинок ударним впливом ножів.

Висота другої зони дорівнює:

$$h_1 = H - h$$

де: H – висота кільцевого шару, м.

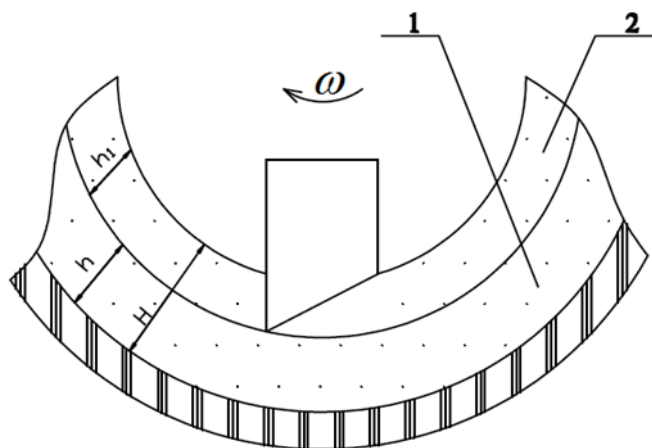


Рис. 1. Схема руху продуктового шару по поверхні решета

Грунтуючись на цих пропозиціях, фізичну модель робочої камери з спіралевидним решетом можна представити таким чином:

- решето має спіралевидну форму і складається з активних і пасивних поверхонь;
- ковзаючий продуктовий шар періодично рухається активною і пасивною поверхнею;

- при проходженні над пасивною частиною поверхні решета продуктивний шар ущільнюється під дією відцентрових сил;
- в момент знаходження над активною частиною нижні частинки відриваються від загальної маси, зв'язок із шаром слабшає, і вони заглиблюються в отвір;
- при переході на пасивну частину відбувається удар сколювання об верхню кромку отвору решета.

В нашому випадку решето вставлене в робочу камеру має спіралевидну форму. Однією з умов установки решета є те, що в місці завантаження матеріалу воно максимально віддалене від центру обертання ротора і має максимальний зазор між кінцями ножів і внутрішньою поверхнею решета. У напрямку обертання ротора решето наближається до центру обертання, до величини R_{\min} і відповідає мінімальному значенню зазору між кінцями ножів і решетом (рис. 2).

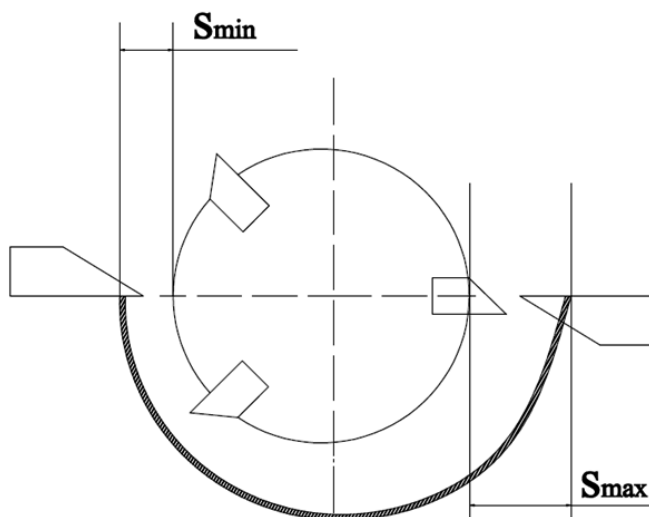


Рис. 2. Робоча камера з решетом спіралевидної форми

Решето має бути встановлено таким чином, щоб будь-яка виділена на ньому ділянка, утворена поворотом радіус-вектора на величину θ , мала б однакову величину наближення до центру обертання ротора. Тобто $R_1 - R_2 = R_3 - R_4$ або іншими словами при повороті на 1° радіус кривизни решета повинен змінюватися на певну постійну величину. Встановлення решета таким чином, дозволить забезпечити виступ протилежних крамок всіх отворів решета по ходу обертання ротора в сторону робочої камери на постійну величину.

Для установки решета з вище зазначеними вимогами необхідно отримати рівняння форми даної кривої. Для цього прийемо за початок координат точку осі обертання подрібнюючого ротора O (рис. 3) і рівняння кривої визначимо по полярних координатах R і θ , де R - радіус вектор, а θ – кут, який відраховується від вертикалі OR .

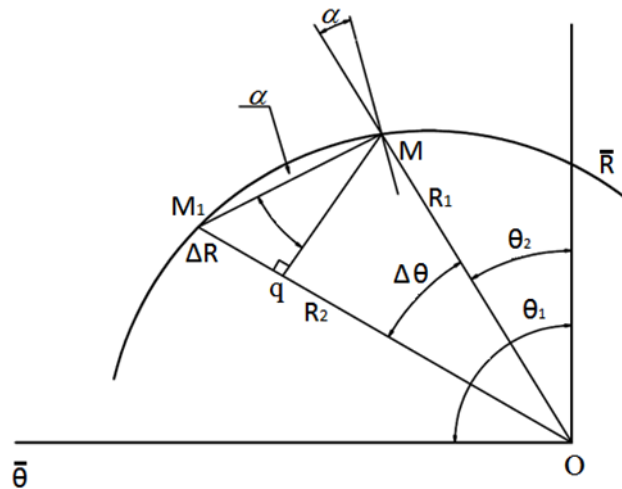


Рис. 3. Схема для визначення рівняння кривої установки решета

Нехай якась точка M кривої визначається координатами R_1 і θ_1 . Інша точка M_1 дуже приближена до першої: має координати $R_2 = R_1 + \Delta R$ і $\theta_2 = \theta_1 + \Delta\theta$. Очевидно приріст кута і $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ визначається кутом M_1OM . Приріст радіусу $\Delta R = R_2 - R_1$ - довжиною відрізка M_1q . Якщо кут між нормаллю кривої в точці M і вектором R_1 є α , то кут M_1q в нескінечно малому трикутнику M_1qM , при певному допущенні буде так само дорівнювати α . Нехтуючи нескінечно малими величинами вищих порядків, можна вважати, що трикутник M_1qM прямокутний, з даної умови визначаєм катет M_1q :

$$M_1q = Mq \times \operatorname{tg} \alpha .$$

З іншого боку $M_1q = \Delta R$, а $Mq = R\Delta\theta$.

Тоді
$$\Delta R = R_1 \Delta\theta \times \operatorname{tg} \alpha .$$

Звідки

$$\frac{\Delta R}{R_1} = \Delta\theta \operatorname{tg} \alpha . \quad (1)$$

Переходячи до диференціальної форми та інтегруючи маємо:

$$\int_{R_0}^{R_1} \frac{\Delta R_1}{R_0} = \int_{\theta_0}^{\theta_1} d\theta \operatorname{tg} \alpha ; \quad (2)$$

$$\lg \frac{R_1}{R_0} = (\theta_0 - \theta_1) \operatorname{tg} \alpha , \quad (3)$$

де θ_0 і R_0 координати початкової точки кривої.

Або

$$R_1 = R_0 e^{(\theta - \theta_0) \operatorname{tg} \alpha} . \quad (4)$$

В даному випадку кут α є кут підйому спіралі решета. Саме стала величина цього кута забезпечує плавне розкриття спіралі від мінімального значення зазору між ножами і поверхнею решета до максимального, а отже, і кромка кожного отвору буде виступати на одну і ту ж величину.

Виходячи з рівняння (4) встановили кут розкриття спіралі решета при збільшенні зазору на вході від 15 до 35 мм з інтервалом 5 мм, а також розрахували величину виступу кромки отворів (Δh) для решіток з різними діаметрами отворів в залежності від кута розкриття спіралі з приведених зазорів. Результати відображені на рис. 4.

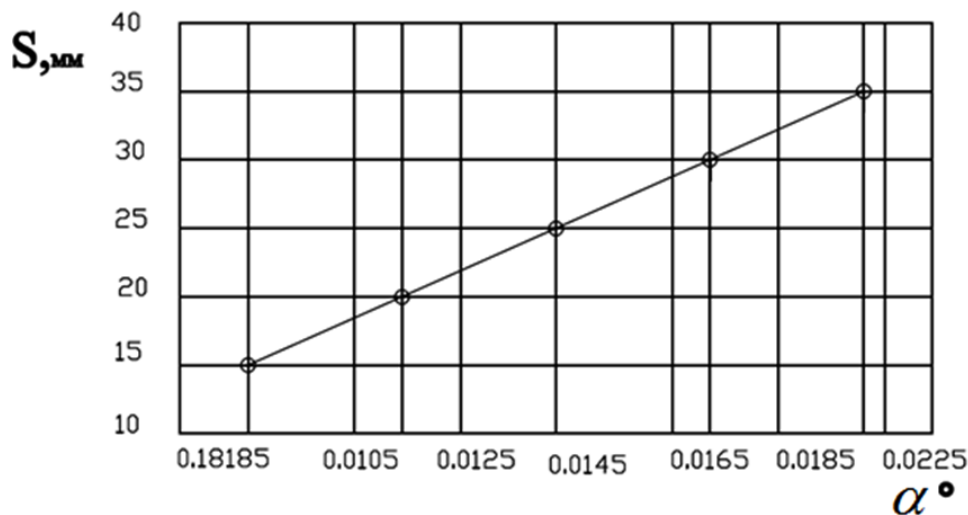


Рис. 4. Залежність величини відкриття спіралі решета від кута підйому спіралі при $R_0 = 250 \text{ мм}$

Аналіз отриманих результатів показав, що при збільшенні кута підйому спіралі відбувається збільшення величини розкриття спіралі решета.

Висновки

В результаті аналізу впливу решіток різного типу на робочий процес в роторній дробарці встановлено, що зміна конструкцій решета дозволяє робити істотний вплив на продуктивність роторних дробарок і питомі витрати енергії. Слід так само відзначити, що значущу роль на робочий процес надають решета, які мають різного роду виступи в сторону робочої камери.

На підставі теоретичних досліджень отримано рівняння кривої установки решета, за допомогою якого можна розрахувати величину розкриття спіралі решета S_{max} для роторних дробарок з різними діаметрами робочих камер.

Виявлено основні закономірності процесу подрібнення матеріалу об виступаючі кромки отворів спіралеподібного решета в робочій камері роторної дробарки. Встановлено, що значний вплив при цьому надає швидкість руху продуктового шару по поверхні решета, радіус установки решета і маса частинок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рубанка М. М. Відходи легкої промисловості, способи переробки і області подальшого використання / М. М. Рубанка, В. П. Місяць // К. : Вісник національного університету, Технічні науки, Т1, № 4, 2015. – С. 31-39.
2. Коношин И. В. Совершенствование процесса измельчения и обоснование конструктивно-режимных параметров молотковой дробилки с решетом спиралевидной формы: автореф. дис. . канд. техн. наук. / И. В. Коношин. – Орел, 2004. – 25 с.
3. Карпухина Л. И. справочник по переработке кожевенно-обувного производства / Л. И. Карпухина – К. : Техніка, 1993. – 85 с.
4. Скиба М. Є. Обладнання для переробки відходів / М. Є. Скиба // Хмельницький: Вісник національного університету, Технічні науки, Т1, №2, 2004. – С. 90-96.

Разработка и исследование роторной дробилки для измельчения отходов легкой промышленности

Менько Ю. Г., Мисяц В. П.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Рассматривается проблема переработки отходов полимерных материалов, а именно создание нового эффективного оборудования для их измельчения. Целью исследований является совершенствование конструкций роторных дробилок с целью уменьшения динамических нагрузок и повышения качества исходного продукта. Предложена новая конструкция решета, которая войдет в состав роторной дробилки, что позволит компенсировать влияние неравномерности подачи измельчаемого материала и тем самым повысить надежность работы роторной дробилки. Введение в состав роторной дробилки решета предложенной конструкции позволяет обеспечить повышение надежности ее работы.

Ключевые слова: роторная дробилка, полимерные материалы, решето, конструкция

Development and research of impact crusher for crushing waste of light industry

Menko Y. G., Misiats V. P.

Kiev National University of Technology and Design

The problem of waste plastics, namely the creation of new efficient technologies for their grinding. The purpose of research is to improve the designs of rotary crushers to reduce the dynamic loads and improve the quality of the original product. A new design of the sieve, which will join the impactor, which will offset the impact of uneven supply of crushed material and thus improve the reliability of the impact crusher. Introduction of the impact crusher sieve proposed design allows for increasing the reliability of its work.

Keywords: impact crusher, polymeric materials, sieve structure