

УДК 621.926

Нечаєв Г. І., Ленич С. В., Турушин В. О.

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ НА ПРОЦЕС РУЙНУВАННЯ ЧАСТИНОК В ПОДРІБНЮВАЧАХ УДАРНОЇ ДІЇ

Щорічно в світі декілька мільярдів тонн різних сипких матеріалів, таких як корисні копалини, цемент, мінеральні добрива, піддають дробленню і подрібненню. Одним з визначальних чинників, що впливають на ефективність подрібнення, є спосіб руйнування матеріалів.

Барабани промислових млинів (кульових, вібраційних, вібровідцентрових і ін.) наповнюються сталевими кулями або стрижнями. Частинки матеріалу подрібнюються роздавлюванням-стиранням від кочення куль і ударом від їх падіння. Але навіть найміцніша сталь в цих жорстких умовах стирається і в результаті при подрібненні тонни сировини витрачається в середньому близько кілограма металу. До того ж ці млини громіздкі і мають низький ККД.

У зв'язку з цим створюються подрібнювачі, в яких руйнування здійснюється високошвидкісним ударом. До таких подрібнювачів відносяться: струменеві, пневматичні і ударно-відбивні млини. Очевидно, що дані апарати менш масивні, що дозволяє виготовляти деталі до них з високоміцних сталей. Тим самим зменшується забруднення матеріалу продуктами зносу і збільшується термін служби млинів.

Більшість гірських порід при механічній дії ведуть себе як крихкі тіла. Раніше вважалося, що міцність мінералів не залежить від швидкості їх вантаження. У експериментах [1] було виявлено помітний вплив швидкості зіткнення на механічні властивості гірських порід. Для кварцу таке явище виявляється лише при дуже високих швидкостях вантаження. Збільшення швидкості зіткнення веде до підвищення твердості, межі текучості і коефіцієнта пружності, під яким мається на увазі відношення роботи пружних деформацій до загальної величини роботи руйнування [2].

Переваги ударного подрібнення описані в [3]. Умовою подрібнення матеріалу є достатня для руйнування швидкість частинок, при чому, необхідно враховувати зміну кута атаки частинок, притаманну більшості подрібнювачів ударної дії.

Тому метою даної роботи є дослідження по визначенню впливу швидкості руху сипкого матеріалу на процес руйнування частинок в подрібнювачах ударної дії, які знаходять широке розповсюдження на гірничих підприємствах України.

Для вирішення поставлених задач була розроблена методика теоретичних досліджень параметрів процесу подрібнення і визначені основні складові до яких можна віднести наступні: вага ударного тіла, швидкість тіла у момент удару, робота, що витрачається на подрібнення матеріалу та пружних деформацій ударних тіл, фізико-механічних властивостей гірських порід.

Визначимо швидкість, при якій у момент удару у матеріалі виникнуть граничні пружні деформації, і він почне руйнуватися.

Згідно [4] повинна виконуватися умова:

$$A \geq A_y, \quad (1)$$

де A – робота, що витрачається на подрібнення матеріалу, Дж; A_y – робота пружних деформацій, Дж.

З теорії удару відомо, що робота, яка витрачається на деформацію тіла, становить [3]:

$$A = \frac{q \cdot V^2}{2g} (1 - \sin^2 \alpha - k_g^2 \cdot \cos^2 \alpha), \quad (2)$$

де q – вага ударного тіла, Н; V – швидкість тіла у момент удару, м/с; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²; k_g – коефіцієнт відновлення при ударі, залежний від форми і фізико-механічних властивостей тіл, що стикаються, $0 < k_g < 1$; α – кут між нормаллю до ударної поверхні і напрямом удару.

Згідно теорії пружності робота пружних деформацій тіла об'ємом v дорівнює:

$$A_y = \frac{\sigma_p^2 v}{2E}, \quad (3)$$

де σ_p – гранична напружка пружних деформацій (межа міцності матеріалу), Н/м²; v – об'єм тіла, що деформується, м³; E – модуль Юнга, Н/м².

Тоді:

$$\frac{q \cdot V^2}{2g} (1 - \sin^2 \alpha - k_g^2 \cdot \cos^2 \alpha) \geq \frac{\sigma_p^2 v}{2E}. \quad (4)$$

Звідки руйнівна швидкість V :

$$V \geq \sigma_p \sqrt{\frac{g}{E \cdot \rho \cdot (1 - \sin^2 \alpha - k_g^2 \cdot \cos^2 \alpha)}}, \quad (5)$$

де ρ – питома вага матеріалу, Н/м³.

При прямому ударі $\alpha = 0^\circ$:

$$V \geq \sigma_p \sqrt{\frac{g}{E \cdot \rho \cdot (1 - k_g^2)}}. \quad (6)$$

Під руйнівною швидкістю V необхідно розуміти ту швидкість, при якій в тілі виникають граничні (оборотні) пружні деформації і воно починає руйнуватися з утворенням нової поверхні ΔS . Знов утворена поверхня буде пропорційна надлишку роботи A_s наданої тілу:

$$A_s = A - A_y, \quad (7)$$

де A_s – робота, що витрачається на утворення нової поверхні, Дж.

Руйнівна швидкість V залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, форми частинок і кута атаки α .

На рис. 1 представлений графік побудований по результатам теоретичних досліджень $V = f(\alpha)$ руйнівної швидкості V в залежності від кута атаки α частинок для різних гірничих порід: антрацит; глинисті сланці; апатитова руда; базальт; кварц. Для теоретичних розрахунків руйнівної швидкості фізико-механічні властивості вказаних порід (σ_p , E , ρ і k_g) прийняті за даними [5, 6, 7].

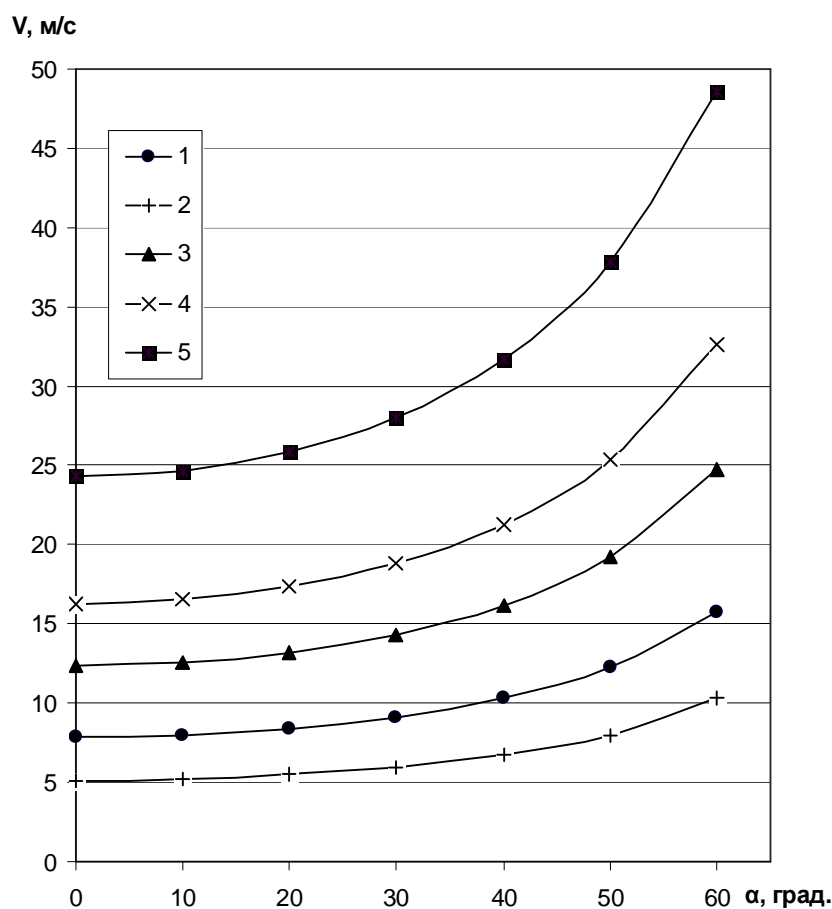


Рис. 1. Графік залежності $V = f(\alpha)$ для деяких матеріалів:

1 – антрацит; 2 – глинисті сланці; 3 – апатитова руда; 4 – базальт; 5 – кварц

ВИСНОВКИ

1. Визначена залежність руйнівної швидкості частинок від фізико-механічних властивостей матеріалу при ударі об жорстку площину, розташовану під кутом до траєкторії руху.
2. Представлений графік залежностей руйнівної швидкості від кута атаки частинок для деяких матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Павлова Н. Н. Экспериментальное изучение влияния скорости нагружения на процесс деформации горных пород / Н. Н. Павлова, Л. А. Шрейне // Доклады ИГД АН СССР, 1950.
2. Ходаков Г. С. Тонкое измельчение строительных материалов / Г. С. Ходаков. – М. : Строительство, 1972. – 239 с.
3. Турушин В. О. Закономірності руйнування крихких матеріалів в подрібнювачах ударної дії / В. О. Турушин, С. В. Ленич // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2009. – № 5 (135). – С. 11–15.
4. Акунов В. И. Струйные мельницы. Элементы теории и расчёта / В. И. Акунов. – М. : Машиностроение, 1967. – 264 с.
5. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности / П. М. Сиденко. – М. : Химия, 1977. – 368 с.
6. Robinson G. Cross-belt sample cutters be trusted? / G. Robinson, M. Sinnott, P. Cleary / Based on presentation to Sampling 2008 conference held in Perth, 27-29 May 2008.
7. Справочник инженера-шахтостроителя. В. 2. Т. 1 / Б. Я. Седов, А. Т. Николаенко, А. С. Бессмертный, Н. Г. Трупаков, Д. Н. Каминский, В. М. Зелинский, А. Н. Грамматиков. – М. : Недра, 1972. – 504 с.