

*М.О. КАРЧЕВСЬКА*, асистент, КНТУ, Кіровоград

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЗАВАНТАЖЕННЯ КУЛЬОВОГО МЛИНА РУДОЮ ЗА ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛУ**

Приведені результати дослідження первинного перетворювача завантаження кульового млина рудою за енергетичними параметрами руйнування матеріалу, який включає дві перетворювальні системи. Показано, що первинний перетворювач необхідно виконувати у вигляді системи «стержень – пружна пластина». Отримані математичні вирази, що встановлюють зв'язок між переміщенням центральної частини пружної пластини і її коефіцієнтом жорсткості, масою кулі, масою стержня та об'ємом подрібнюваної руди. Приведені умови ефективного використання куль і результати впливу зношення стержнів на показання пристрою та досягнення інваріантності від дії цього фактору.

Приведены результаты исследования первичного преобразователя загрузки пулевой мельницы рудой за энергетическими параметрами разрушения материала, который включает две превращающихся системы. Показано, что первичного преобразователя необходимо выполнять в виде системы «стержень – упругая пластина». Получены математические выражения, которые устанавливают связь между перемещением центральной части упругой пластины и ее коэффициентом жесткости, массой пули, массой стержня и объемом измельчаемой руды. Приведены условия эффективного использования пуль и результаты влияния износа стержней на показание устройству и достижение инвариантности от действия этого фактора.

Given results of research of primary transformer of load of bullet mill by ore after the power parameters of destruction of material which includes two convertings systems. It is rotined that a primary transformer must be executed as a system «a bar is a resilient plate». Mathematical expressions, which establish a connection between moving of central part of resilient plate and its coefficient of inflexibility, mass of bullet, mass of bar and by volume of ground down ore, are got. The resulted terms of the effective use of bullets and results of influence of wear of bars are on a testimony a device and achievement of invariance from the action of this factor.

**Вступ.** Все більша кількість залізних руд в тепершній час потребує збагачення, яке, в свою чергу, передбачає їх подрібнення. Подрібнення, яке здійснюють переважно в кульових млинах, зв'язане майже з 50 % всіх енергетичних витрат підприємств і поглинає велику кількість куль і футерівки. Реалізація Державної науково-технічної програми «Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі» безпосередньо зв'язана з процесами подрібнення бідних залізних руд при збагаченні. Нау-

ково-дослідна робота «Комп'ютеризована система ідентифікації завантаження кульового млина при управлінні подрібненням руди» (0109U007939), яка є складовою частиною тематичного плану Кіровоградського національного технічного університету, слугує конкретною задачею в здійсненні вказаної програми. Максимальну продуктивність по готовому продукту і найменші матеріальні та енергетичні витрати можливо отримати лише при певному завантаженні кульового млина рудою. Оскільки відомі пристрої непрямого контролю не можуть забезпечити оптимальне завантаження технологічних агрегатів рудою, необхідно здійснювати пошук засобів, які основані на енергетичній ефективності процесу руйнування твердого [1]. Автором у складі наукового колективу обґрунтовано такий підхід визначення завантаження кульового млина рудою [2, 3], однак раціональну конструкцію первинного перетворювача, його аналітичний опис, питання взаємодії кулі з стержнем, впливу спрацювання стержня на показання пристрою ніхто не розробляв. Зважаючи на важливість вказаних задач і необхідність створення такого засобу, тема статті є актуальною.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є підвищення точності і показності інформації перетворювача завантаження кульового млина рудою. Поставлена мета досягається в результаті теоретичного дослідження первинних перетворювачів, взаємодії кулі з стержнем, впливу спрацювання стержня на вихідну величину пристрою.

**Результати.** Проведені дослідження показали, що первинний перетворювач завантаження кульового млина рудою за енергетичними параметрами руйнування матеріалу повинен містити циліндричний стержень, який взаємодіє з падаючими кулями і передає зусилля на пружну пластину – чутливий елемент. Для переміщення центральної частини пружної пластини при ударі кулі по торцю стержня отримана залежність:

$$x_n = \frac{m_k g \left[ 1 + \left( \frac{m_c - m_k}{m_k + m_c} \right)^2 \right]}{c_{II}} + \frac{\sqrt{m_k^2 g^2 \left[ 1 + \left( \frac{m_c - m_k}{m_k + m_c} \right)^2 \right]^2 + 2c_{II} \left\{ m_k g h \left[ 1 + \left( \frac{m_c - m_k}{m_k + m_c} \right)^2 \right] - k k_1 V_p \right\}}}{c_{II}}, \quad (1)$$

де  $c_{II}$  – коефіцієнт жорсткості пружної пластини;  $m_k, m_c$  – маса кулі і стержня;  $g$  – прискорення земного тяжіння;  $h$  – висота, з якої падає куля;  $k$  – коефіцієнт пропорційності, що залежить від міцності руди;  $k_I$  – стала, що характеризує зв'язок між загальним і деформованим об'ємом шматка руди;  $V_p$  – об'єм шматків руди.

З рівняння (1) видно, що вихідний сигнал перетворювача з твердим при певних  $k_I$  і  $k$  залежить від об'єму руди, що руйнується при падінні кулі. Комп'ютерним моделюванням встановлено, що  $x_{II}$  лінійно змінюється при зростанні об'єму руди від нуля до можливого найбільшого значення.

Первинний перетворювач працює за умови незмінності маси кулі, що можливо здійснити у кульових млинах. Недопустимість одночасного удару кількох куль по торцю забезпечується вибором діаметра стержня  $d_c$ , який менший порівняно з діаметром кулі  $d_k$ , наприклад  $d_c = 0,8 d_k$ . Аналіз показав, що ефективно використання кулі  $d_k = 50$  мм при руйнуванні твердого 5 мм відповідає діаметру стержня близько 30 мм.

Формула (1) отримана за умови центрального удару кулі по торцю стержня. На рис. 1 показані можливі випадки взаємодії кулі з стержнем при роботі кульового млина. Якщо частину стержня, що взаємодіє з кулею, довжиною 100 мм виконати з діаметром 30 мм, а другу частину довжиною 100 мм виконати діаметром 85 мм, то при відхиленнях точки контакту на  $\pm 15$  мм від осі стержня практично всі удари можна рахувати центральними.

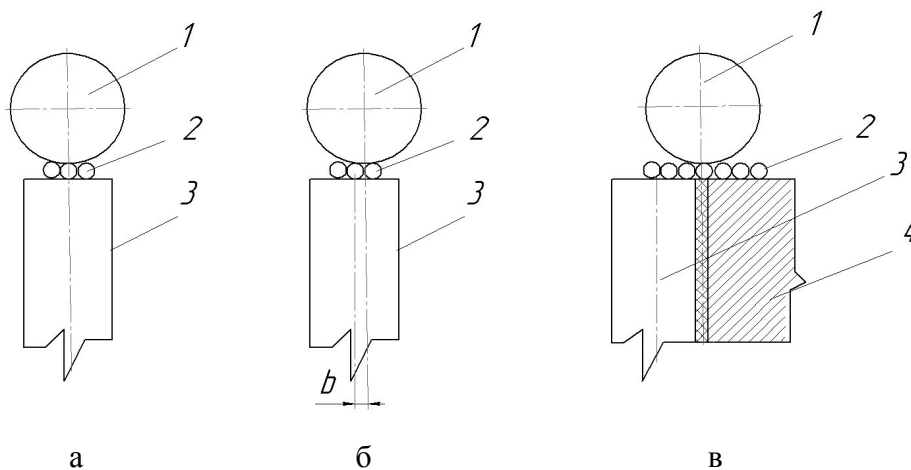


Рис. 1. Взаємодія кулі з стержнем по центру (а), зі зміщенням  $b$  (б), на периферії (в):

1 – куля; 2 – шматки руди; 3 – стержень; 4 – футерівка

З залежності (1) також видно, що на результати вимірювання може

впливати висота, з якої падає куля, або швидкість її руху, якщо вони можуть змінюватися. Використання аналогічного додаткового первинного перетворювача з невеликою площею торця стержня, де не буде затримуватись тверде, дозволяє зустрічним ввімкненням з сигналом основного перетворювача позбавитись такого впливу. Додатковий перетворювач може мати діаметр стержня, що взаємодіє з кулями, який дорівнює 15 мм при інших незмінних параметрах.

В процесі зносу футерівки буде спрацьовуватись і стержень, змінюючи свою масу. Це буде впливати на вихідну величину перетворювача, що характеризується виразом:

$$B = 1 + \left( \frac{m_c - m_k}{m_k + m_c} \right)^2 \quad (2)$$

Залишаючи незмінним діаметр сприймаючого елемента 30 мм, масу стержня  $m_c$  можна змінювати в достатньо широких межах. Як показали дослідження при початковій масі стержня 1 кг і зношенні його до 0,5 кг вихідний сигнал перетворювача змінюється більше, ніж на 11 %. При початковій масі стержня 5,0 кг похибка складе всього 1,76 %, що допустимо для даних умов.

Для встановлення рівня компенсації помилок промодельємо процес ідентифікації за виразом (1) при прийнятих параметрах перетворювача і значеннях технологічних величин. Дані комп'ютерного моделювання занесено до табл. 1.

Як видно з даних таблиці, у зношеному стані перетворювача прогин пружної пластини зменшується. Перетворювач володіє добрими компенсуючими властивостями.

Ефективно спрацьовують обидва канали компенсації відхилення, оскільки при повному навантаженні рудою похибка ідентифікації менша, ніж відносно відхилення значення відповідно виразу (2) при повному зношенні робочої частини перетворювача.

З ростом завантаження кульового млина похибка збільшується, приймаючи максимальне значення 1,375 %, що менше 1,76 %.

При зношенні стержня показання системи ідентифікації зменшуються, однак при прийнятих параметрах первинного перетворювача відносна похибка в умовах найбільшого завантаження кульового млина складає порівняно незначну величину.

Тому він може з достатньою точністю виконати вимірювання завантаження кульового млина рудою.

Таблиця

Залежність похибки ідентифікації завантаження кульового млина рудою від зношення робочого елемента перетворювача масою 5 кг

Об'єм руди, що руйнується, $V_p \times 10^{-6}, \text{ м}^3$	Значення прогину пружної пластини при початковій масі стержня $x_{II}, \text{ мм}$	Значення прогину пружної пластини при кінцевій масі стержня $x_{II}, \text{ мм}$	Відносна похибка прогину пружної пластини, %
0	0,5510	0,5461	-0,890
1	0,5412	0,5363	-0,905
2	0,5312	0,5262	-0,940
3	0,5211	0,5159	-1,000
4	0,5107	0,5055	-1,020
5	0,5002	0,4948	-1,080
6	0,4893	0,4838	-1,124
7	0,4783	0,4727	-1,171
8	0,4670	0,4612	-1,242
9	0,4554	0,4495	-1,296
10	0,4435	0,4374	-1,375

### Висновки.

Таким чином, первинний перетворювач завантаження кульового млина рудою за енергетичними параметрами руйнування матеріалу необхідно виконувати у вигляді системи «стержень – пружна пластина».

При встановленні його в зоні дій куль діаметром 50 мм і максимальної крупності твердого близько 5 мм робочу частину стержня необхідно виконувати діаметром 30 мм, а нижню – діаметром 85 мм.

Додатковий первинний перетворювач повинен мати діаметр стержня в робочій зоні 15 мм. Зустрічне ввімкнення сигналів перетворювачів дозволяє їм працювати при різних незмінних значеннях швидкості руху куль.

Повне зношення робочої частини стержнів приводить до помилки, яка досягає 1,76 % і її найбільше значення діє незначний час, що допустимо для даного технологічного процесу.

Перспективою подальших досліджень в даному напрямі є розробка ефективного вторинного перетворювача і в цілому засобу ідентифікації завантаження кульового млина рудою на основі енергетичних параметрів руйнування матеріалу.

**Список літератури:** 1. Пивняк Г.Г. Измельчение. Энергетика и технология: [учебное пособие для вузов] / [Г.Г. Пивняк, Л.А. Вайсберг, В.И. Кириченко и др.]. – М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2007. – 296 с. 2. Карчевська М.О. Дослідження руйнування твердого в кульових млинах з метою ідентифікації завантаження / М.О. Карчевська // Вісник НТУ«ХП». – 2010. – № 65. – С. 33 – 38. 3. Пат. № 52858 Україна, МПК В02С 25/00. Спосіб ідентифікації завантаження кульового млина рудою в умовах трифазового руху молоткових тіл / Кондратець В.О., Карчевська М.О.; заявник і патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т. – № у 2010003611; заявл. 29.03.10; опубл. 10.09.10, Бюл. № 17.

*Надійшла до редколегії 21.06.11*

УДК 546.650 : 544.142.3 : 546.175

**Д.О. СТОРОЖЕНКО**, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава,  
**О.Г. ДРЮЧКО**, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава,  
**І.О. ІВАНИЦЬКА**, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава,  
**Н.В. БУНЯКІНА**, канд. хім. наук, доц., ПНТУ, Полтава

## **ДЕЯКІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ ОКСИДНИХ РЗЕ-ВМІСНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НІТРАТНИХ СИСТЕМ**

Із застосуванням комплексу фізико-хімічних методів авторами вивчено природу й закономірності хімічної взаємодії, теплових перетворень (25 – 1000 °С) структурних компонентів у системах нітратів рідкісноземельних елементів і елементів ІА, ІІА груп періодичної системи, амонію. Виявлена низка особливостей і закономірностей у їх сукупній поведінці.

С применением комплекса физико-химических методов авторами изучена природа и закономерности химического взаимодействия, тепловых превращений (25 – 1000 °С) структурных компонентов, в системах нитратов редкоземельных элементов и элементов ІА, ІІА групп периодической системы, аммония. Обнаруженный ряд особенностей и закономерностей в их совокупном поведении.

By complex of physical-chemical methods the nature and regularity of chemical interaction and temperature changes (25 – 1000 °С) of structural components in systems nitrate of rare earth elements (REE) and elements of ІА, ІІА group in periodic system and of ammonia were investigated. A number of peculiarities in their mutual behaviour was found.

Нині продовжується пошук нових методів і комплексних технологій для синтезу спеціальних, функціональних оксидних РЗЕ-вмісних матеріалів із