

*к.т.н. Левченко Е.П.,  
к.ф-м.н. Галич В.А.,  
Костромицький Д.Ю.  
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДНОВАЛКОВОЇ ЗУБЧАСТОЇ ДРОБАРКИ ЗА УМОВ РУЙНУВАННЯ АГЛОМЕРАТУ УДАРОМ ЗУБЦЯМИ ЗІРОЧОК**

*Наведені результати теоретичних досліджень, отримані залежності, які описують стан в пружних елементах зірочок ротора одновалкової зубчастої дробарки та дозволяють розрахувати та вибрати їх раціональні параметри.*

**Ключові слова:** *агломераційний пиріг, удар, одновалкова зубчаста дробарка, руйнуючі зусилля.*

*Приведены результаты теоретических исследований, получены зависимости, описывающие состояние в упругих элементах звездочек ротора одновалковой зубчатой дробилки, позволяющие рассчитать и выбрать их рациональные параметры.*

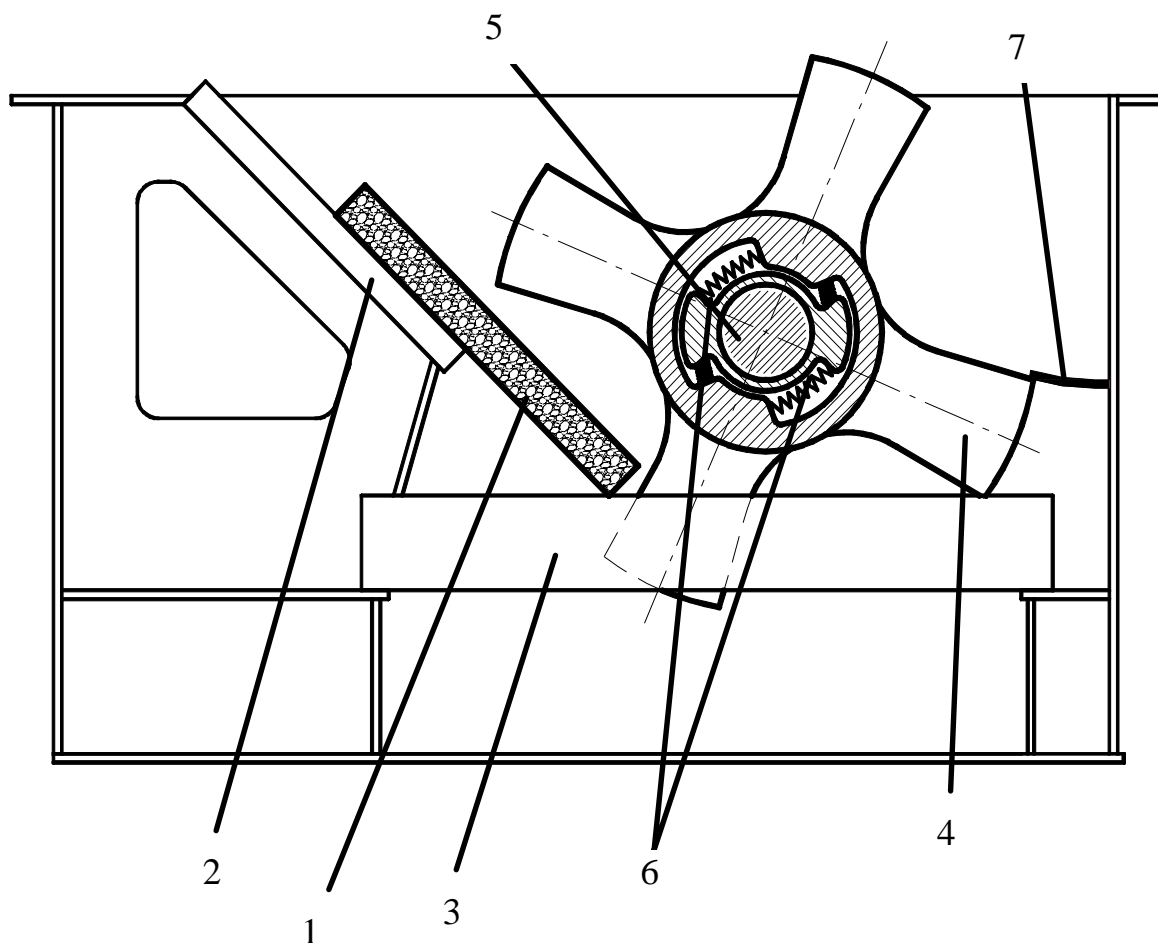
**Ключевые слова:** *агломерационный пирог, удар, одновалковая зубчатая дробилка, разрушающие усилия.*

Підвищення ефективності роботи одновалкових зубчастих дробарок за умов мінімального втручання в конструкцію може бути досягнуто за рахунок інтенсифікації роботи таких машин з одночасним зниженням долі небажаних великих фракцій в агломераті, що поступає в доменне виробництво, а також краще розкриття його структури з метою більш повного видалення не спечених елементів шихти. Тому, особливості накладання руйнуючих зусиль та раціональний їх перерозподіл в сторону застосування найбільш корисних, з точки зору покращення металургійних властивостей агломерату та мінімізації витрат електроенергії, є доцільним та актуальним на сучасному розвитку металургійної галузі, особливо в умовах світової економічної кризи.

Аналіз вітчизняних та світових тенденцій питань дроблення агломераційного спіку з метою його підготовки до ефективної виплавки чавуну вказує, що за кордоном, взагалі, в Японії, значна увага приділяється питанням удосконалення технології багатостадійного дроблення аглопирога з наступним відсівом небажаних фракцій та відправкою їх на повторну переробку [1]. В Україні та СНД в цілому широке застосуван-

ня для цього знайшли одновалкові зубчасті та шоківі дробарки [2]. Цікавим є досвід дроблення агломераційного спіку за допомогою роторних дробарок ударної дії, що в часи СРСР застосовувалися на Абагурській аглофабриці. Автором робіт з їх досліджень та впровадженень був І.К. Боріскін [3]. Ним було встановлено, що при ударному руйнуванні агоспик руйнується вибірково, неспечений матеріал добре відокремлюється від міцних ділянок, при цьому повністю виключається наявність в готовому продукті небажаних фракцій з розмірами більше 80 мм.

На базі кінематичної схеми розповсюдженої на сьогоднішній день одновалкової зубчастої дробарки можна синтезувати нову її конструкцію, що руйнує агломераційний пиріг переважно ударним імпульсом при достатньо невеликій постійній частоті обертання вала ротора. Наприклад, одну з таких схем показано на рисунку 1.



1- агломераційний пиріг; 2 – направляюча; 3 – колосники;  
4 – зірочки; 5- ротор; 6 – пружини; 7 – пружний елемент

Рисунок 1 – Схема одновалкової зубчастої дробарки ударної дії

Принцип дії аглодробарки наступний. Агломерат 1, який підлягає дробленню, рухається по направляючій поверхні 2, поступає на колос-

никову решітку 3. Окремі зірочки 4 ротора мають пружний зв'язок з валом 5 ротора за допомогою пружин 6. Ротор повільно обертається, зубці його зірочок 4 захоплюються пружними пластинами 7, при цьому зірочки 4 накопичують енергію, наприклад, за рахунок стиснення пружин 6. Коли деформація пружин 6 досягає величини, що відповідає жорсткості пружних пластин 7 відбувається швидкісне вивільнення енергії окремих зірочок 4, вони отримують додаткове обертання відносно осі обертання ротора з підвищеною частотою, при цьому відбувається удар об поверхню агломераційного пирогу 1. Накладання навантаження ударної дії на агломерат значно збільшую концентрацію навантаження, що призводить до кращого руйнування та зменшенню величини продуктів дроблення. Менш енергоємний процес удару потребує менших енерговитрат на дроблення. При цьому покращується гранулометричний склад готового продукту за рахунок переважної долі руйнування за умов ударних зусиль прикладених до поверхні агломерату. Сила удару може регулюватися як жорсткістю пружин так і довжиною пружних пластин, яка впливає на їх жорсткість. Таким чином дроблення агломерату відбувається більш ефективно.

Насамперед сила удару, що виникає з боку зубців зірочок визначається моментом, який діє на зуб та залежить від властивостей пружин, з міркувань, що рівняння рівноваги зірочки виглядає відповідно залежностям [4].

За наявності однієї пружини:

$$M_3 = f(\varphi) = J_3 \cdot \ddot{\varphi} + c \cdot \varphi, \quad (1)$$

де  $M_3$  – момент сили, яка діє на зуб зірочки;

$J_3$  – момент інерції зірочки;

$\ddot{\varphi}$  – кутове прискорення зірочки;

$\varphi$  – кутова координата (колове переміщення зірочки).

За наявності двох пружин з різних боків:

$$J_3 \cdot \ddot{\varphi}_2 + c_2 \cdot \varphi_2 = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot c_1, \quad (2)$$

де  $c_1$  та  $c_2$  – відповідно, жорсткості зв'язків розрахункової схеми.

Вираз  $(\varphi_1 - \varphi_2) \cdot c_1 = M_{об}$  являє собою обертальний момент [4], а  $c_2 \cdot \varphi_2 = M_2$  - момент опору холостого ходу [4]. Таким чином вираз (2) можна привести у вигляді:

$$J_3 \cdot \ddot{\varphi}_2 + M_2 = M_{об}. \quad (3)$$

В виразах (1) та (3) відповідним чином відображено обертальні моменти, які діють на зірочку одновалкової зубчастої дробарки. Якщо кількість пружин за формулою (1) та число пар пружин за формулою (3) в конструкції ударного елемента прийняти за  $n$ , то ці формули, відповідно, приймуть вигляд:

$$M_3 = n(J_3 \cdot \ddot{\varphi} + c \cdot \varphi); \quad (4)$$

$$M_{об} = n(J_3 \cdot \ddot{\varphi}_2 + M_2). \quad (5)$$

З іншого боку, загальновідомо, що обертальний момент, який діє на зуб зірочки, визначається [5]:

$$M_{об} = M_3 = P \cdot R_3, \quad (6)$$

де  $P$  – сила, яка діє на агломераційний спік зі сторони зуба зірочки;  
 $R_3$  – радіус зірочки.

Відповідно, сила, яка необхідна для гарантованого руйнування агломераційного пирога для варіантів спорядження ротора однією та двома пружинами:

$$P = \frac{n(J_3 \cdot \ddot{\varphi} + c \cdot \varphi)}{R_3}; \quad (7)$$

$$P = \frac{n(J_3 \cdot \ddot{\varphi}_2 + M_2)}{R_3}. \quad (8)$$

Знаючи характеристики міцності спеченого агломерату, а таким чином і величину сили, яка необхідна для його руйнування згідно з виразами (7) та (8) легко підібрати необхідні характеристики пружин, які забезпечують належне відносне обертове зміщення зірочок відносно ротора.

Деякі конструктивні проробки пружних елементів зірочок наведено на рисунку 2.

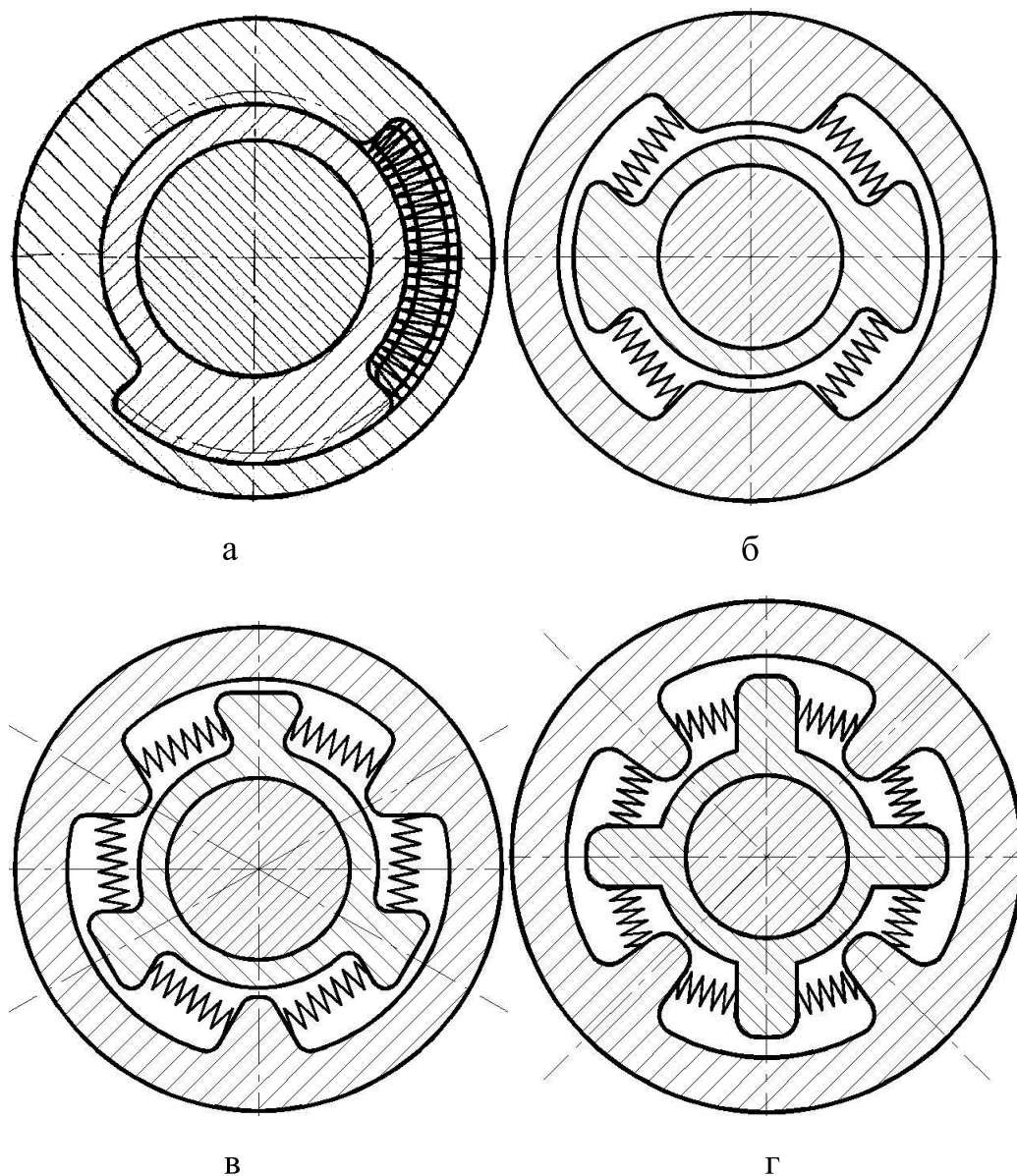


Рисунок 2 – Деякі варіанти конструктивних проробок пружних елементів в маточині зірочки

З літератури відомо, що лінійна швидкість на кінці зуба зірочки, для гарантованого руйнування агломераційного пирога за умов удару, повинна знаходитися за формулою [3]:

$$V_p = 7,7 \cdot k_{y\delta} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{\sigma_p'}{\gamma_0 \cdot d_{кр}}\right)^2}, \quad (9)$$

де  $k_{y\delta}$  – коефіцієнт ударної в'язкості агломерату, для агломерату при температурі менше  $150^\circ$   $k_{y\delta} = 1 - 1,5$ , для агломерату при температурі  $600 - 700^\circ$   $k_{y\delta} = 3 - 4$ ;

$\sigma_p'$  – напруга розтягнення, яка необхідна для руйнування агломерату, при температурі менше  $150^\circ$   $\sigma_p' = 80 - 160$  Н/см<sup>2</sup>, при температурі  $600 - 700^\circ$   $\sigma_p' = 90 - 370$  Н/см<sup>2</sup>;

$\gamma_0$  – питома вага агломерату,  $\gamma_0 = 2,0 - 2,5$  г/см<sup>3</sup>;

$d_{кр}$  – критичний(максимальний) розмір продукту дроблення.

Виразивши лінійну швидкість на кінці зуба через кутову швидкість обертання зірочки з урахуванням  $V_p = \omega_3 R_3$ , отримуємо, що:

$$\omega_3 = \frac{7,7 \cdot k_{y\delta}}{R_3} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{\sigma_p'}{\gamma_0 \cdot d_{кр}}\right)^2}. \quad (10)$$

Проінтегрувавши (4) та (5), отримуємо необхідні кутові швидкості обертання зірочок, які підпружено однією пружиною та парою пружин, відповідно, а також умови для гарантованого руйнування агломераційного спіку:

Враховуючи переваги руйнування агломераційного спіку ударним способом запропоновано напрямок вдосконалення конструкції одновалкової дробарки з метою покращення гранулометричного складу готового продукту та зменшення витрат електроенергії.

Запропоновано конструктивні схеми рішення питання накладання ударних зусиль зі сторони зірочок за допомогою пружних елементів.

Проаналізовано рівняння руху зірочки під дією пружних елементів та наведено залежності для вибору основних параметрів пружних елементів.

Перспективним напрямком продовження роботи є подальші теоретичні та експериментальні дослідження ударного способу дроблення агломерату в одновалковій зубчастій дробарці.

### Библиографический список

1. Мищенко И.М. Состояние и основные направления повышения технического уровня агломерационного производства предприятий черной металлургии / И.М. Мищенко // *Металлургические процессы и оборудование*. – 2005. № 1. – С. 23 – 26.

2. Левченко О.О. Теория и практика дробления агломерата в одновалковой зубчатой дробилке / О.О. Левченко. Вестник национального технического университета "Харьковский политехнический университет". ХПИ, № 30, 2006. – С. 142 – 147.

3. Борискин И.К. Интенсивная механическая обработка агломерата. Теория, оборудование, технология / И.К. Борискин, Г.А. Арыков, А.Н. Пыриков. – М.: МИСИС, 1998. – 248 с.

4. Клушанцев Б.В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б.В. Клушанцев, А.И. Косарев, Ю.А. Муйземнек. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

5. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг. – М.: Наука, 1974. – 478 с.

**Рекомендовано до друку проф. Ульяницьким В.Н.**