

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОДАЧІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ТРУБНІ МЛИНИ

**Вступ.** Відкритий академіком Ребіндером П.О. ефект зниження міцності матеріалів під дією поверхнево-активних речовин (ПАР) спочатку був використаний при бурінні глибоких нафтових і газових свердловин.

Потім ПАР стали використовувати і при подрібненні цементного клінкеру в трубних млинах на цемзаводах. Однак їх водні розчини подавали прямо на живильник млинів, що різко знижувало ефективність використання ПАР, так як, виходячи з технологічних вимог, кількість і концентрація їх строго регламентовані і тому їх треба використовувати з максимальною віддачею, чого не забезпечує подача ПАР на живильник.

Це пояснюється тим, що на живильник подається клінкер фракції 0 - 20мм. Іванов А.М. довів, що міцність частинок залежить від їх розміру і найміцнішою є фракція клінкеру 0,25 - 0,5 мм. [1, 6], Таким чином, ПАР треба подавати саме на цю фракцію, яка знаходиться згідно діаграми помелу всередині кульової камери млина (зазвичай 4-5 м від входу). Тому ПАР треба подавати всередину першої камери на ту ділянку, де згідно діаграмі помелу знаходиться максимальна кількість цієї міцної фракції. Для цього використовують пневмофорсунку, але її на цемзаводах встановлювали горизонтально і коаксіально вісі млина. При такому розташуванні труби водний розчин ПАР не міг пролетіти всередині млина більш 1м. в зв'язку зі стіною з падаючого завантаження з куль та матеріалу. Тому цю трубу треба було розташувати ексцентрично і під кутом так, щоб згідно законам балістики краплі розчину ПАР летіли в просторі, вільному від завантаження млина, тобто щоб параболи їх падіння огинали параболи падіння куль та матеріалу, що подрібнюється.

Найкращі умови введення ПАР в млин в розпиленому вигляді створюються в тому випадку, якщо вони розчинені у воді. Водний розчин ПАР легко розпилюється за допомогою спеціальних пневмофорсунок і, крім того, мінерали багатьох матеріалів мають високу гідрофільність (наприклад цементного клінкеру) і сильно адсорбують на новостворених поверхнях воду. Логічно також як ПАР використовувати відходи виробництв, з метою покращення екології навколишнього середовища. [1-3, 6, 7],

**Мета статті – підвищення ефективності роботи цементних млинів.**

**Основний зміст.** Слід відзначити, що конструкція пневмофорсунки повинна забезпечити:

1. регулювання подачі крапель ПАР на різні ділянки першої камери млина (що залежить від крупності матеріалу на живильнику млина);
2. регулювання діаметра крапель ПАР;
- 3 не замазування торця форсунки пилом матеріалу при зупинках млина.

Конструкції пневмофорсунок, які застосовують на цемзаводах, не забезпечують вищезазначених вимог, тому автори пропонують наступну конструкцію пневмофорсунки.

На рис.1. надано поздовжній переріз; вузол 1; вид по стрілці А.

При введенні ПАР в першу камеру в розпиленому стані їх дія значно ефективніше, так як з самого початку процесу подрібнення вони стикаються зі знову оголеними поверхнями матеріалу, що розмелюється, абсорбуються на їх поверхнях і діють ще й як знижувач міцності.

У залежності від крупності матеріалу, що надходить в млин, виникає необхідність регулювання подачі ПАР на різні ділянки по довжині корпусу млина.

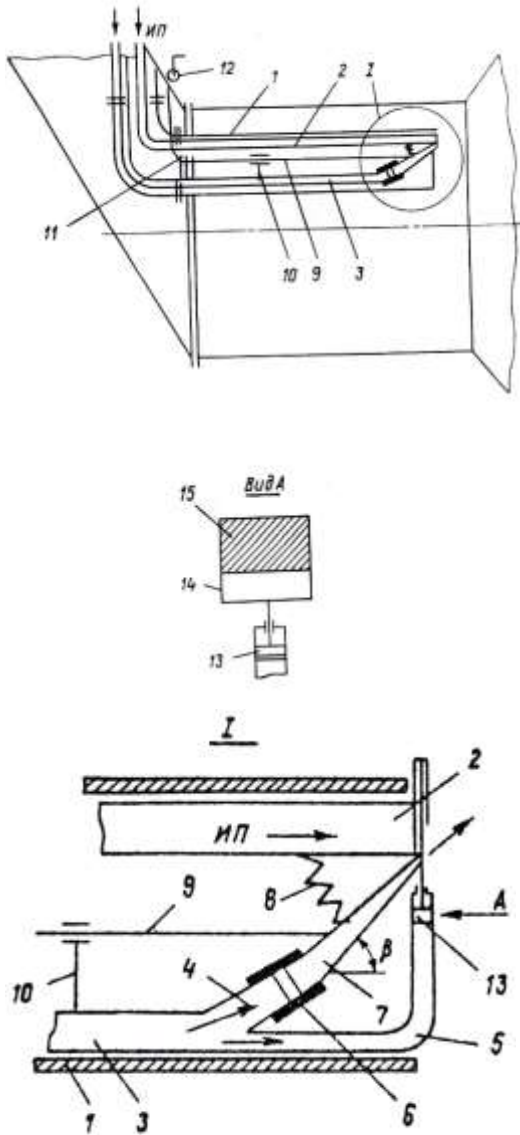


Рис. 1. Схема розпилювальної форсунки

Пристрій містить корпус 1, всередині якого розташовані форсунка 2 для подачі інтенсификатора помелу (ІП) і канал 3 для подачі розпилювача (стисненого повітря), що на кінці має похилу ділянку 4 і коліно 5. Похила ділянка 4 виконана з кутами нахилу до осі каналу, рівними  $10-20^{\circ}$ , і з'єднана за допомогою еластичної муфти 6 з соплом 7, шарнірно з'єднаним з торцем форсунки 2 і підвішеним до останньої пружиною 8. Сопло 7 зв'язано тягою 9, наприклад гнучким шнуром, з системою регулювання кута нахилу сопла, наприклад, що складається з втулки 10, кільця 11, регулювального колеса 12, коліна 5, що має поршень 13, на якому встановлена рамка 14 з шибером 15. Пристрій для регулювання дисперсності і дальності розпилу

ПАР встановлюють в просторі завантажувального шнека вільному від матеріалу, тобто з урахуванням напрямку обертання млина.

Пристрій для регулювання дальності і дисперсності розпилу інтенсификаторів помелу в трубні млини працює наступним чином: повітря під тиском 1,8-2,8 атм. по каналу 3 подається в корпус 1 і далі по похилій ділянці 4 надходить в сопло 7, на виході із якого підхоплює струмінь ПАР, що витікає з форсунки 2, розпорошуючи його у вигляді крапель на ділянку внутрішньої поверхні трубного млина, де переважають міцні фракції. Регулювання дальності розпилу досягається зміною кута нахилу сопла 7 в результаті переміщення тяги 9 в напрямних втулки 10 і кільця II шляхом обертання регулювального колеса 12, виведеного з млина. Можливість переміщення забезпечується еластичною муфтою 6 і пружиною 8.

Крім регулювання дальності розпилювання ПАР зміною кута при виборі відповідного тиску повітря можливо управляти процесом формування оптимального діаметру крапель ПАР. При припиненні подачі стисненого повітря тиск на ділянці 5 падає, кришка 15 поршнем 13 по рамці 14 опускається і закриває форсунку 2 і сопло 7 від запиленого середовища. Така форсунка дозволяє підвищити якість цементу до євростандартів [4, 5].

Обґрунтуємо можливість реалізації подачі ПАР на задані ділянки кульової камери. Це можливо тільки через вільний простір S, обмежений між параболою АМ траєкторії руху завантаження у водоспадному режимі й корпусом млина (рис. 2), причому точка відриву А (початок параболи) залежить від кута відриву куль  $\alpha$ .

Але при існуючих кутах відриву куль  $\alpha$  на початку барабана млина контур завантаження, обмежений параболою АМ, перебиває повністю або частково поперечний переріз транспортуючого матеріал трубошнека радіусом r, що робить іноді неможливою подачу ПАР при горизонтальному й коаксіальному розташуванню вісі труби подачі ПАР.

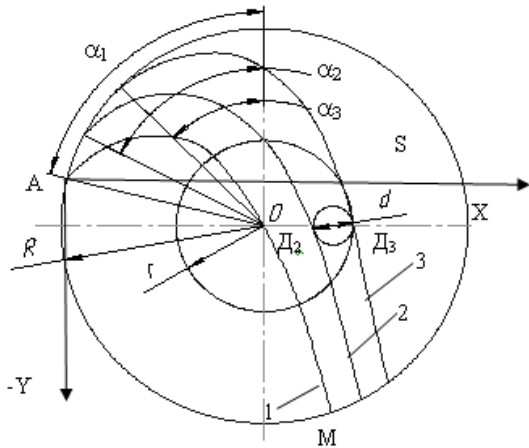


Рис. 2. Схема роботи куль у водоспадному режимі

Виконаємо наступні розрахунки для парабол падіння завантаження (обумовлених кутом його відриву) при різних режимах його роботи (також обумовлених кутом відриву). Побудуємо параболи падіння завантаження для різних типорозмірів млинів різного радіуса  $R$  при фактичних кутах їхнього відриву  $\alpha$ , для чого використаємо паспортні значення частоти обертання  $n$ . Як відомо

$$\cos \alpha = \frac{\omega^2 R}{g} = \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \frac{R}{g}, \quad \text{звідки}$$

$$\alpha = \arccos \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot n^2. \quad (1)$$

Підставляючи фактичні паспортні значення  $n$  для млинів різних  $R$  знаходимо теоретичні значення кута відриву  $\alpha$  і зносимо їх у табл. 1.

Таблиця 1 – Координати характерних точок параболи

R, м	n, об/хв	$\alpha^\circ$	$X_D$	r	$X_{D3}$
0.5	32	59	0.4	0.13	0.53
1	21	63	0.8	0.25	1.05
1.5	18.5	59	1.2	0.35	1.55
2	16.1	59	1.68	0.5	2.1

По наведеним у табл.1 значенням  $\alpha$  можна побудувати параболу. Якщо початок координат сполучити з точкою відриву А, то рівняння параболи запишеться так:

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{x^2}{2R \cos^2 \alpha}. \quad (2)$$

Як видно з табл.1 для 3-х типорозмірів млина кут відриву  $\alpha$  однаковий. Теоретично цей кут повинний бути однаковий для будь-яких типорозмірів млинів, тому що значення  $\cos \alpha$  представляє критерій Фруда - критерій подоби режиму роботи завантаження. Тому що формула (1) не враховує коефіцієнт зчеплення з футерівкою, а на практиці в початку млина ставлять футерівку з високим коефіцієнтом зчеплення, то фактичний кут відриву може досягати 35-40°, тоді як теоретичний оптимальний кут відриву без врахування коефіцієнта зчеплення дорівнює 54°40'.

Тепер розглянемо взаємозв'язок траєкторії падіння завантаження й окружності трубошнека, у якому повинний бути розташований пневмопровід і труба транспортування розчину ПАР. Для цього розглянемо положення абсциси контрольної точки  $X_D$ , рівної:

$$X_{Df} = R \cos^2 \alpha (\sin \alpha + \sqrt{3 - \cos \alpha}). \quad (3)$$

Обчислимо значення  $X_D$  для млинів різних типорозмірів при  $\alpha = 54^\circ$  і результати занесемо в табл.1. Горизонтальна ексцентрична установка труби пневмоподачі та труби подачі ПАР можлива якщо  $X_{D3} - X_{D2} = d$ , де  $X_{D3}$  абсциса точки перетинання окружності шнека в «світу» і  $d$  діаметр труби.

Для аналізу можливості пневмоподачі ПАР на задані ділянки кульової камери за допомогою горизонтальної, ексцентрично розташованої труби, знайдемо кути відриву для координат наступних характерних точок  $X_D$ .

1. Парабола проходить через центральну вісь трубошнека й млина, тобто  $X_D = R \sin \alpha$ , (4) або після підстановки  $X_D$  із (3) маємо:

$$\cos^2 \alpha (\sin \alpha + \sqrt{3 - \cos \alpha}) = \sin \alpha. \quad (5)$$

Вирішуючи це рівняння чисельним методом знаходимо  $\alpha = 54^\circ$ , тобто при теоретичному розрахунковому куті відриву, при якому кулі забезпечується в точці падіння її М найбільша енергія, парабола 1 проходить через центр окружності шнека й млинів будь-якого радіуса. У такому випадку, як видно з Рис.1, у трубошнеку досить місця для розміщення горизонтального пневмопровода і труби подачі ПАР.

2. Парабола 2 проходить через точку перетинання окружності трубошнека з віссю  $x$ , тобто в точці  $D_3$  (рис. 2), коли контур падаючого завантаження повністю перекриває перетин трубошнека й розміщення горизонтально та ексцентрично труби подачі ПАР неможливо.

З рис. 2 видно, що ця умова виконується при

$$X_{D3} = R \sin \alpha_3 + r; \quad (6)$$

після підстановки  $X_{D3}$  і спрощень маємо

$$\cos^2 \alpha_3 \left( \sin \alpha_3 + \sqrt{3 - \cos \alpha_3} \right) = \sin \alpha_3 + \frac{r}{R}. \quad (7)$$

Вирішуючи це рівняння чисельним методом, визначаємо  $\alpha_3$  для різних типорозмірів млинів середнє значення кута  $\alpha_3$  становить  $48,6^\circ$ . Всі кути, які рівні або менше цього значення, будуть повністю перекривати поперечний переріз трубошнека. Однак варто мати на увазі, що ці дані отримані для радіуса барабана  $R$  і що до барабана примикає конічна завантажувальна кришка, завдяки чому радіус зменшується до радіуса шнека  $r$ . У зв'язку із цим при постійній кутовій швидкості кут відриву завантаження буде збільшуватися, що буде збільшувати й вільний простір млина. Все вищенаведене підтверджує можливість подачі ПАР на задані ділянки трубних млинів, що значно підвищить ефективність їх роботи.

### **Висновки**

У результаті проведеного аналізу розглянуто кути відриву кульового завантаження, при яких парабола траєкторії падіння куль перетинає горизонтальний діаметр барабана млина в точках, що дозволяють розмістити в трубошнеці завантажувальної кришки трубу для подачі ПАР з метою польоту крапель на задані ділянки першої камери кульового млина.

Показано, що, завдяки конічності завантажувальної кришки і розміщення

труби подачі ПАР під кутом в межах внутрішніх розмірів трубошнека є можливість зменшення кута відриву куль, тобто використання чисто водоспадних режимів роботи кульового завантаження, які необхідні для ефективної роботи на початку млина.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Іванов А.М. Шляхи інтенсифікації процесу подрібнення. // Вісник НТУ «ХП». Хімія, хімічна технологія та екологія. - Харків: НТУ «ХП». 2006.- Вип. 44. - С.151-157.
2. Іванов А.М. Чудний О. Ю. Екологія та подрібнення в трубних млинах. Науковий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, 2007. - № - С.108 -111.
3. Іванов А.М. Вирішення екологічних проблем при помелі матеріалів у цементному виробництві. Екологія и промышленность. - №2. - 2011. - С.56-60.
4. Schellhom, H; Struth, R; Sybertz, F.: CEN standard sand – a proven quality control product. Cement International, 2007. – 5. - pp. 54-62.
5. Boos, P.: Baetzner, S.: Standard sand as the standard for worldwide monitoring of cement quality. Cement International, 2013. – 11. - pp. 72-77.
6. Іванов А.Н., Сиромолот С.В. Использование поверхностно-активных веществ для интенсификации помола в трубных мельницах. // «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит», 2014. - Вип.7(125). – С. 48-54.
7. Іванов А.Н., Демидов Д.В. Исследование системы подачи поверхностно-активных веществ к трубным мельницам. // Научный Вісник Будівництва, 2016. - №1(86). - С/191-194.

*Рецензент: д-р техн. наук Н.С. Болотских*