

Винахід призначений для доподрібнення вугільного пилу, який подається з точок повернення сепараторів першої ступені подрібнення, до середніх розмірів 10 - 20мкм і потоншення помолу до рівня $R_{90} < 2\%$ (залишок на ситі з чарункою 90мкм) і може використовуватися на ТЕС з пило-вугільним паливом (ПВП) для інтенсифікації загорання і підвищення вигорання низькосортowego вугілля з метою пониження частки мазугу і газу, які використовують для підсвічування.

Втілення технології домолоту вугільного пилу при двохступеновому подрібненні до вказаного рівня, згідно даних [1] (Кравцов В.В., Махмудов А.Г., Харченко А. В. Экономичное использование угля в теплоэнергетике. - Донецк; ДонГТУ, 1999, с. 18-26), дозволить також понизити викиди шкідливих речовин в атмосферу; подовжити термін неперервної експлуатації печей; перевести млини першої ступені в режим отримання більш грубого пилу, що суттєво підвищить їх продуктивність і знизить енергозатрати.

Відомий пристрій [2] (П. США № 4131238, кл. B02C 19/18, 1978), взятий як аналог, для подрібнення матеріалів з використанням ультразвуку, який викликає циклічні напруження втомі під час механічного подрібнення. В цьому пристрої один з двох мелючих елементів підключено до джерела ультразвукових коливань, які при проходженні матеріалу між цими елементами передаються частинкам. Недоліком цього пристрою є короткочасна передача ультразвуку матеріалу, яка зникає, разом з контактом частинки і мелючого елемента. Тому вклад руйнування втому малий.

Відомий пристрій [3] (А.с. СССР № 1282894, кл. B02C 19/06, 1983), взятий як аналог, для вихрового подрібнення з використанням тангенціальних: одного сопла вводу енергоносія з регульованим кутом входу в циліндричну камеру; одного патрубка виводу пило-газової суміші; двох резонаторів Гельмгольца а також отвору подачі матеріалу у верхній неплоскій кришці камери. В цьому пристрої взаємне стирання частинок доповнене руйнуванням в полі акустичної хвилі. Недоліком цього пристрою є тангенціальне підключення замкнутих резонаторів Гельмгольца, що веде до їх запилення під час роботи і суттєво знижує добротність. Окрім того, одне сопло вводу енергоносія зменшує вихрову швидкість і вклад взаємного стирання частинок та продуктивність. Недоліком даного пристрою також є відсутність негативного зворотного взаємозв'язку між подачею матеріалу і генерацією звуку. Так при збільшенні подачі матеріалу, швидкість вихрового потоку падає, генерація зменшується і процес подрібнення уповільнюється, або, навіть, може зупинитися взагалі, якщо не зменшити подачу. При зменшенні подачі генерація росте, але падає продуктивність.

Відомий спосіб і пристрій [4] (П. РФ № 2029621, кл. B02C 19/06, 1992), взятий як аналог, вихрового подрібнення матеріалів, в якому для подавлення турбулентних пульсацій використовуються, зокрема, акустичні коливання, що веде до зростання швидкості вихрового потоку в камері і стимулює взаємне стирання частинок та їх ударне руйнування об стінки камери. Недоліком цього способу, зокрема, є ігнорування руйнування матеріалу від утоми і завищення вкладу ударного руйнування, що вимагає підвищення міцності камери, зокрема, й футерівки.

Відомий пристрій [5] (П. РФ № 2013134, кл. B02C 19/06, 1993), взятий як аналог, для газодинамічного тонкого подрібнення, в якому використано широкий набір конструктивних засобів для максимальної турбулізації потоку і генерації широкого спектру акустичних коливань. Це завихрювачі вхідного газозавису, щільні вводи закручуючих газових струменів, тангенціальні сопла вводу енергоносія, щільні канали виводу газозавису, направлені протилежно вхідним, порожнини-резонатори, уступи-турбулізатори. Недоліками цього пристрою є, відмічені раніше, великий внесок ударного механізму руйнування і закриті порожнини-резонатори.

Відомий пристрій [6] (В. України № 10148, кл. B02C 19/06, 1994), взятий як аналог, для вихрового помолу, в якому подрібнення вихідного матеріалу стимулюється шляхом створення звукових і/або ультразвукових коливань поперечних потоку, зокрема, другої гармоніки основної частоти. Введення енергоносія і відведення газозавису проводяться тангенціальними одним соплом і одним патрубком, коливання підсилюються системою спарених порожнин-резонаторів у боковій стінці камери, а подача матеріалу — через центральний патрубок. Недоліком цього пристрою є закриті порожнини-резонатори і одне сопло вводу енергоносія, які обговорювалися вище.

Відомий пристрій [7] (А.с. СССР № 1533074, кл. B02C 19/06, 1988.), взятий як прототип, для вихрового подрібнення з використанням тангенціальних: кількох сопел-резонаторів різної довжини, з'єднаних кільцевим розподільником з патрубком вводу енергоносія; патрубка подачі матеріалу; та осьового перфорованого патрубка для виводу пилегазової суміші. Недоліком цього пристрою є відсутність негативного зворотного взаємозв'язку подачі матеріалу і генерації звуку. Оскільки подача матеріалу з першої ступені подрібнення ПВП не стана, то її завищення призводить до зриву генерації і зупинки доподрібнення.

Таким чином, в кожному із пристроїв [2 - 7] використовуються звукові і/або ультразвукові коливання для прямого, або побічного стимулювання подрібнення.

Детальний аналіз їх роботи на основі аеродинаміки закручених потоків, фізики руйнування і акустики показує, що їх переваги зобумовлені домінуючим внеском двох механізмів руйнування: 1) взаємним стиранням; 2) ростом тріщин утоми аж до саморуйнування; а також їх сумісною дією. Для стимулювання першого механізму необхідно підвищити відносну швидкість частинок ΔV_p , кутову швидкість власного обертання ω_p і впорядкування осей обертання та частоту взаємних зіткнень ω_{imp} . Для стимулювання другого - збільшити амплітуду циклічних навантажень A_f і їх частоту ω_f .

Перші дві величини збільшують використовуючи кілька щільних тангенціальних вводів енергоносія на зовнішньому циліндрі камери і аналогічних, але направлених протилежно виводів газосуміші на внутрішньому циліндрі [4 - 6], а ω_{imp} збільшують компактизуючи область вихрового руху, зокрема при подавленні турбулентності [5].

Причиною циклічних навантажень є удари частинок, взаємні та об перешкоду, турбулентні пульсації

тиску і перебування в акустичному полі. Оскільки перша причина супроводить стирання і стимулюється разом з ним, а турбулізація понижує вихрову швидкість потоку і подавляє стирання, то для незалежної стимуляції втомі залишаються високочастотні і ультразвукові коливання. Для їх генерації і підсилення використовують трубчасті резонатори з власною частотою $\omega_r = V_s/4L$, де V_s - швидкість звуку, L - довжина резонатора, яка значно перевищує його поперечні розміри. Для запобігання запилення, їх суміщають з соплами вводу енергоносія, з'єднавши із спільним кільцевим розподільником. Тоді вони стають резонаторами Гельмгольца з довгим горлом і власною частотою $\omega_n = V_s(S/LV)^{1/2}$, де S - поперечний переріз сопла, V - об'єм розподільника. Порожнини є резонаторами без горла з власною частотою $\omega_c = V_s(2r/V_c)^{1/2}$, де r - радіус вихідного отвору порожнини, а V_c - її об'єм.

Спільним для вихрових пристроїв [3 - 7] є газодинамічне збудження звуку і ультразвуку при незалежній подачі матеріалу, а також незмінність спектру підсилюваних частот. Перше обумовлює відсутність негативного зворотнього взаємозв'язку подачі матеріалу і генерації, а друге - необхідність зміни компоновки пристрою при зміні матеріалу.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалити пристрій вихрового подрібнення шляхом стимулювання процесів стирання частинок і руйнування від утоми з допомогою акустичних коливань та стабілізації його роботи шляхом створення негативного зворотнього зв'язку між подрібненням і подачею матеріалу з метою забезпечення його ефективної і стабільної роботи в ролі другої ступені подрібнення пило-вуглевого палива га ТЕС.

В пропонованому пристрої, разом з усіма методами стимулювання стирання, які є в пристроях-аналогах [3 - 7], використано новий - просторове групування дисперсних частинок в акустичних полях [8] (Нигматулин Н.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1.- М.: Наука, 1987, с. 364-374). При створенні стоячих хвиль між горизонтальними плоскими кришками камери на частинки буде діяти, окрім всіх інших, вібраційна сила [8], яка примушує їх збиратися поблизу площин на висотах

$$Z_k = H - \frac{\vartheta_s}{\omega_s} \left[\frac{\pi}{2} k + \arcsin \left(\frac{4}{3} \cos^2 \left(\frac{H\omega_s}{\vartheta_s} \right) \frac{\rho_2 g \vartheta_s}{\rho_1 A_s^2 \omega_s^3} \right) \right],$$

при високих частотах звуку для крупних частинок, або на висотах

$$Z_k = H - \frac{\vartheta_s}{\omega_s} \frac{\pi}{2} k,$$

при низьких частотах для дрібних частинок, або в проміжках між вказаними площинами з однаковим k для інших ситуацій. Тут H - висота камери, ω_s і A_s - частота і амплітуда стоячої звукової хвилі, ρ_1 і ρ_2 - густини енергоносія і матеріалу частинок, $g = 9.8 \text{ м/с}^2$, $k = 0, 1, 2, \dots, n$ - номер площини групування, $n = 2H\omega_s/(\pi V_s) = 4H/\lambda$ - номер гармоніки стоячої хвилі, λ - довжина стоячої хвилі. Якщо створити і радіальні стоячі хвилі, то аналогічні за природою поверхні групування будуть циліндричними. В цьому випадку роль земного тяжіння будуть виконувати аеродинамічні сили, які діють на частинки вздовж радіуса у вихровому потоці енергоносія. Разом з площинами по висоті вказані поверхні утворюють кільцеві лінії перетину. Вібраційні сили примушують потік частинок шнуруватися поблизу цих ліній і тим самим стимулюють стирання. Такий спосіб стимуляції стирання відсутній в пристроях-аналогах [3 - 7].

В пропонованому пристрої реалізовані такі конструктивні признаки із пристроїв-аналогів [3 - 7], які максималізують стирання: щільні тангенціальні сопла-резонатори, з'єднані розподільником з подачею енергоносія; щільні тангенціальні виводи газозавису в центрі камери.

В пропонованому пристрої є конструктивні признаки, відсутні у відомих технічних рішеннях [2 - 7]. Радіуси камери R_e , R_i і її висота H вибрані так, щоб співпали, або стали близькими кілька власних частот поперечних і радіальних коливань камери, з метою їх підсилення однією системою резонаторів. Це сприяє шнурованню частинок поблизу ліній перетину поверхонь групування для цих коливань і підвищує концентрацію частинок. Для утворення негативного зворотнього взаємозв'язку подача матеріалу робиться через отвір у верхній кришці камери, який зроблено в тому місці де швидкість потоку в камері максимальна і можливе підсмоктування матеріалу ззовні, оскільки надлишковий тиск в камері незначний. Тоді при збільшенні подачі матеріалу швидкість потоку падає, тиск в камері зростає і підсмоктування зникає, а при зменшенні подачі - навпаки, підсмоктування зростає, тобто існує негативний взаємозв'язок. Для стимулювання явищ втомі створена система високочастотних резонаторів Гельмгольца із змінним в широких межах об'ємом V_c , які встановлені на верхній кришці камери, що відвертає їх запилення і дає можливість змінювати підсилювану частоту. Для більш стійкої роботи пристрою, в камеру через верхню кришку подаються ультразвукові коливання від окремого джерела. Це дозволяє змінювати амплітуду циклічних навантажень A_f і їх частоту ω_f в кілька раз, стимулюючи руйнування від утоми по незалежному каналу управління.

На фіг.1 зображено схематичний рисунок пристрою - вигляд спереду, а на фіг.2 - вигляд зверху в розрізі АА. Пристрій складається з вхідного патрубку 1, кільцевого розподільника 2, патрубків-резонаторів 3, зовнішньої циліндричної стінки 4 з щільними соплами 5, робочої камери 6, внутрішньої циліндричної стінки 7 з щільними 8, труби 9 в нижній кришці 10, верхньої кришки 11, на якій встановлено: резонатори Гельмгольца 12 з коротким горлом 13 і змінним резонуючим об'ємом 14; отвір 15 і клапан 16 до бункера 17; не газодинамічні джерела ультразвуку 18.

Пристрій працює таким чином. Енергоносії через вхідний патрубок 1 подається в кільцевий розподільник 2 і далі по патрубках-резонаторах 3 через щільні сопла 5 в зовнішній стінці 4 попадає в камеру 6, де створює вихровий потік. Він генерує акустичні низькочастотні коливання, які підсилює система резонаторів 3 і високочастотні та ультразвукові коливання, які підсилюються резонаторами Гельмгольца 12

з коротким горлом 13 і змінним резонуючим об'ємом 14 на верхній кришці 11. Ультразвук генерується не газодинамічними джерелами 18, також встановленими на верхній кришці. Після досягнення необхідного рівня генерації, відкривається клапан 16 і через отвір 15 в кришці матеріал засмоктується із бункера 17, де накопичується грубий пил із звороту першої ступені подрібнення. При цьому частота та інтенсивність генерації падають, але джерела 18 дозволяють вийти процесу на стаціонарний режим роботи. В робочій камері матеріал подрібнюється як описано вище і фракції необхідного розміру через щілини 8 у внутрішньому циліндрі 7 виносяться енергоносієм із камери в трубу 9 в нижній кришці 10 і далі попадають в систему подачі ПВП. Оскільки вивідні щілини направлені протилежно швидкості потоку, то енергоносій при виході інвертує швидкість, захоплюючи з собою тільки найтоншу фракцію помолу. Більші частинки, разом з новими надходженнями матеріалу, продовжують рух у камері і беруть участь в процесі подрібнення, який відбувається в неперервному режимі.

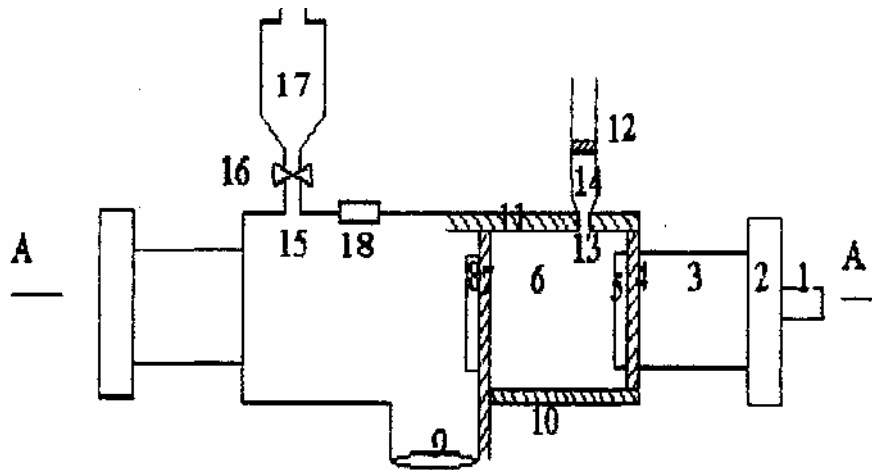


Fig. 1.

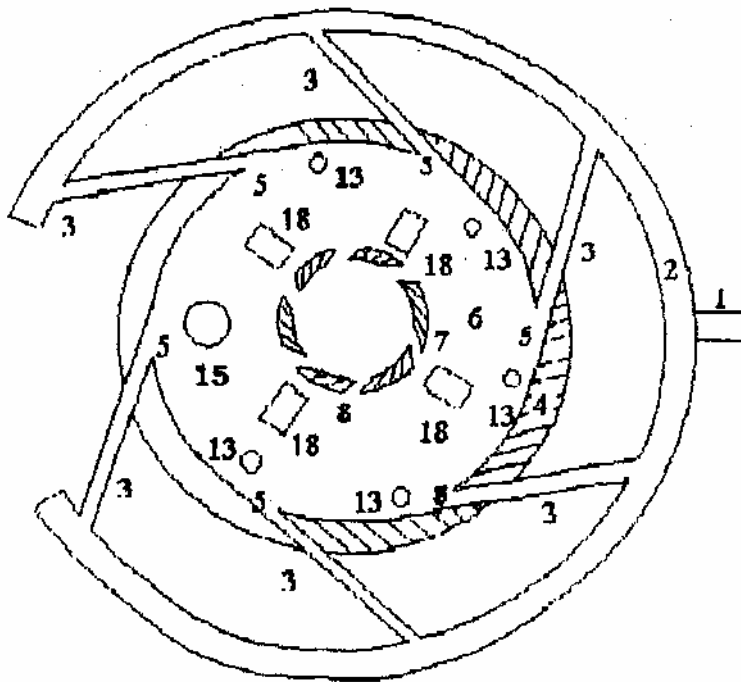


Fig. 2.