



УКРАЇНА

(19) UA (11) 71384 (13) A
(51) 7 F22B37/02, F23J1/00, 3/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ЗАХИСТУ ТЕПЛООБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ ВІД ЕРОЗІЙНОГО ЗНОСУ І ЗАБРУДНЕННЯ

1

2

(21) 20031212556

(22) 26.12.2003

(24) 15.11.2004

(46) 15.11.2004, Бюл. № 11, 2004 р.

(72) Шрайбер Олександр Авраамович, Яценко Володимир Петрович

(73) ІНСТИТУТ ЗАГАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Спосіб захисту теплообмінних поверхонь від ерозійного зносу і забруднення, що полягає у введенні дозатором в газовий потік насадки з інертного матеріалу (наприклад гранул техно-

логічного виносу) перед теплообмінними поверхнями, взаємодії її з потоком, наступному відділенні відпрацьованої фракції, який **відрізняється** тим, що насадку вводять у горизонтальну частину газозоходу перпендикулярно напрямку руху газового потоку, при цьому температура гранул нижча від температури точки роси водяних парів при нормальних умовах, а швидкість витання V гранул перевищує швидкість W руху газового потоку і знаходиться за формулою $V \geq W \cdot H/S$, де S - відстань від дозатора до вихідного перерізу газозоходу, H - висота газозоходу.

Винахід відноситься до теплоенергетики і може бути використаний в котельних установках, що працюють на твердому паливі. В димових газах установок міститься зола, яка при взаємодії з теплообмінними поверхнями приводить до їх забруднення і ерозійного зносу.

Для запобігання ерозійному зносу і забрудненню теплообмінних поверхонь широко застосовуються способи, що базуються на уловлюванні і наступному видаленні частинок золи з потоку газу під дією силових факторів. Так, згідно з авт. св. СРСР №1302134, МПК F28G9/00, опубл. 7.04.1987р. для уловлювання частинок використовується сила термофореза, яка виникає при наявності градієнта температури потоку. Однак у котельних установках сила термофореза спрямована до поверхонь нагрівання і буде сприяти не зменшенню забруднення, а його збільшенню.

Відомий також спосіб захисту поверхонь нагрівання, реалізований у пристрої за авт. св. СРСР №909411, МПК F22B37/02, опубл. 1982р. У цьому пристрої уловлювання частинок здійснюється двома рядами гребінок, розташованих по периметру газозоходу. Ефективність уловлювання золи нерухомими гребінками, що мають температуру газового потоку, залишається низькою, у зв'язку з чим більшість частинок золи проходить через гребінки, не осідаючи на них. Тому гребінки необхідно розміщати перед кожним рядом теплообмінних поверхонь. Але навіть установкою

декількох рядів нерухомих гребінок не вдається домогтися високої ефективності уловлювання частинок.

Осідаючи на гребінках зола поступово захирашує проходи між шипами гребінок, що приводить до порушення розподілу швидкості потоку і концентрації частинок. Зола починає осаджуватися на теплообмінних поверхнях, і ефективність захисту знижується. Для відновлення захисних властивостей гребінок їх необхідно витягати з газозоходу й очищати.

Найбільш близьким аналогом, обраним нами як прототип, є спосіб, у якому для запобігання забрудненню теплообмінних поверхонь технологічним виносом і одночасного очищення їх, перед теплообмінними поверхнями в газовий потік у напрямку його руху дозатором вводять насадку з інертного матеріалу, наприклад гранули з речовини технологічного виносу, яка потім відділяється (див. авт. св. СРСР №167984, МПК F23J, опубл. 05.11.1965р.). Загальними суттєвими ознаками прототипу та способу, що заявляється є введення дозатором гранул насадки та її відділення.

Однак і цей спосіб не вільний від недоліків.

По-перше, введення в потік у напрямку його руху додаткових частинок технологічного виносу, що володіють, як відомо, високими абразивними властивостями, і їх взаємодія з теплообмінними поверхнями тільки погіршує ситуацію з ерозійним зносом та забрудненням поверхонь.

По-друге, зола, уловлена гранулами, не

(13) A
(11) 71384
(19) UA

відразу виводиться з потоку. Вона транспортується разом із гранулами елеватором на вібропрохоти, а потім частково на технологічну переробку, а частково в дозатор, тобто знову в потік, збільшуючи тим самим ерозійний знос поверхонь.

Крім того, фільтр тонкого очищення (поз.5 на фіг.1 авт. св. №167984) засмічується частинками золи, і його необхідно постійно регенерувати, що ускладнює даний спосіб.

Задачею винаходу є створення способу для підвищення ефективності захисту теплообмінних поверхонь від ерозійного зносу і забруднення шляхом виключення контакту частинок насадки з теплообмінними поверхнями.

Поставлена задача досягається тим, що у відомому способі захисту теплообмінних поверхонь насадку вводять у горизонтальній частині газоходу перпендикулярно напрямку руху газового потоку, при цьому температура гранул нижча температури точки роси водяних парів при нормальних умовах, а швидкість витання V гранул перевищує швидкість W руху газового потоку і знаходиться за формулою

$$V \geq W \cdot H / S,$$

де S - відстань від дозатора до вихідного перерізу газоходу,

H - висота газоходу.

Приведена на фіг.1 схема пояснює запропонований спосіб.

Спосіб захисту теплообмінних поверхонь від ерозійного зносу і забруднення реалізується таким чином.

У високотемпературний потік димових газів, що рухаються по газоходу 1, дозатором 2 вводяться гранули насадки 3. При температурі гранул t_0 , нижчій температури точки роси t_p , на їх поверхні конденсуються пари води, які містяться в димових газах. Рухаючись з прискоренням до протилежної стінки газоходу 1, гранули взаємодіють з частинками золи, що транспортується газовим потоком. У результаті взаємодії з плівкою конденсату зола налипає на гранули і падає разом з ними в бункер 4. Далі гранули насадки рухаються вниз по трубопроводу 5. Волога з їх поверхні випаровується, гранули охолоджуються і падають на похилу решітку 6. Під дією зіткнень із решіткою частинки насадки звільняються від золи і, переміщуючись по решітці, надходять на елеватор 7, а потім у бункер 8. Зола провалюється через чарунки решітки 6 у бункер 9. Газ, очищений від золи, надходить у теплообмінники 10.

Температура насадки t_0 повинна бути нижчою температури точки роси t_p . У протилежному випадку ефект очищення газового потоку від частинок золи буде нижчим через відсутність конденсації водяних парів на поверхні гранул. Така температура гранул сприяє також підвищенню інтенсивності осідання золи на їх поверхню завдяки дії сили термофорезу.

Введення насадки перпендикулярно напрямку газового потоку виключає її віднесення і контакт з теплообмінними поверхнями, на відміну від прототипу, де напрямки руху частинок насадки і газового потоку збігаються.

Цьому ж сприяє величина швидкості витання,

що підбирається за формулою $V \geq W \cdot H / S$. При такій швидкості витання гранул виключається їх захоплення газовим потоком. У протилежному випадку гранули потраплять на теплообмінні поверхні з утратою переваг, означених у меті винаходу.

Крім того, низхідний рух гранул з великими швидкостями витання з достатньою для практики точністю уже підкоряється законам вільного падіння. При характерних для газоходів значеннях H час падіння τ гранул буде малим і вони не встигнуть нагрітися до температури випаровування плівки конденсату.

Пояснимо викладене на конкретному прикладі. Рівняння нагрівання гранули має вигляд

$$dt/d\tau = A(t_g - t) \quad (1)$$

де $A = 6Nu\lambda_g c^{-1} \rho^{-1} \delta^{-2}$; t - температура гранули; δ , ρ , c - її діаметр, густина і теплоємність; t_g , λ_g - температура і коефіцієнт теплопровідності газу; Nu - число Нусельта, $Nu = f(Re)$, Re - число Рейнольдса, $Re = W\delta / \nu_g$, ν_g - вязкість газу; τ - час.

Приймемо, що $W=10$ м/с, $H=3$ м, $S=0,5$ м, $t_g=900^\circ\text{C}$, $\rho=3000$ кг/м³, $c=0,3$ ккал/кг·град. Згідно з нормативним методом розрахунку котельних агрегатів для димових газів середнього складу при $t_g=900^\circ\text{C}$ їх фізичні властивості $\lambda_g=8,61 \cdot 10^{-2}$ ккал/м·ч·град, $\nu_g=152 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Тоді

$V \geq W \cdot H / S = 60$ м/с. При вказаній густині гранул і $V=60$ м/с їхній діаметр $\delta=1 \cdot 10^{-2}$ м. Час падіння гранул у газоході $\tau = \sqrt{2H/g}$, де g прискорення вільного падіння.

Визначимо, на яку величину нагріється гранула за час падіння. Для цього проінтегруємо рівняння (1) при умові, що число $Nu = \text{const}$, а фізичні характеристики газу і насадки не залежать від температури. В результаті отримаємо

$$t = t_g + (t_0 - t_g) \exp(-A\tau) \quad (2)$$

Обчислимо значення комплексу A . Спочатку знайдемо величину числа Рейнольдса.

$Re = W\delta / \nu_g = 10 \cdot 1 \cdot 10^{-2} / 152 \cdot 10^{-6} = 657$. Для таких чисел Re згідно з даними З.Р.Горбіса $Nu=1,14Re^{0,5}$. При підстановці значення Re отримаємо $Nu=29,2$. З урахуванням значень λ_g , δ , ρ , і c величина $A=0,036$ с⁻¹. При початковій температурі гранул $t_0=20^\circ\text{C}$ і обчисленому вище часу падіння τ їх температура в кінці падіння $t_k \approx 51^\circ\text{C}$. Для більших значень δ величина t_k буде меншою.

Зазначимо, що згідно з літературними даними температура точки роси водяних парів при їх парціальному тиску в продуктах згоряння $P_{H_2O}=0,1 \div 0,15$ бар складає $t_p=45 \div 54^\circ\text{C}$. Отримане значення t_k нижче цієї величини. Таким чином, на гранулах насадки на протязі всього часу їхнього падіння буде конденсуватись водяна пара. Коли гранули падають у бункер 4 і, далі у трубовід 5, волога з поверхні гранул буде випаровуватись.

При реалізації способу, що заявляється, відпадає необхідність у частих зупинках котельних агрегатів для очищення фільтруючих елементів (як у авт. св. №167984), оскільки в пропонованому способі зола постійно виводиться з потоку.

Особливо ефективне використання для насадки матеріалу паливного шлаку. Паливний шлак завжди є на підприємствах, котельні установки яких працюють на твердому паливі. Проблема подрібнення шлаку і виділення з нього потрібної фракції утруднень не викликає.

Таким чином, завдяки способу, що пропо-

нується, з'являється можливість ефективного захисту теплообмінних поверхонь від ерозійного зносу і забруднення. Крім того, використання для насадки дешевого шлаку палива, крім підвищення ефективності, дозволяє підвищити також і економічність захисту теплообмінних поверхонь від ерозійного зносу і забруднення.

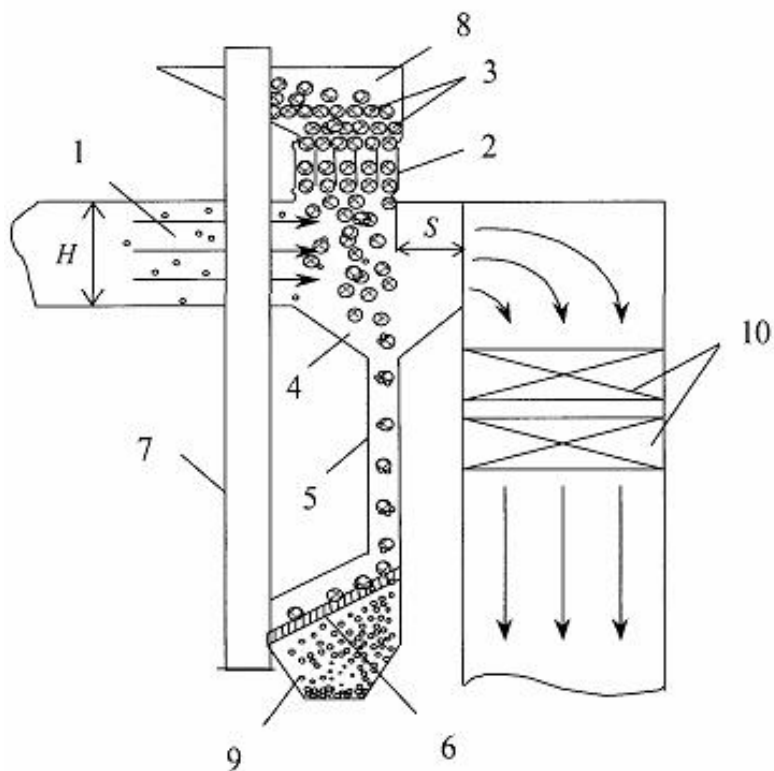


Fig. 1