

$$\omega_{0 \text{ сep.}} = \frac{\int_{H_1}^{H_2} (-1.8 \cdot H + 2.9) dH}{H_2 - H_1}. \quad (7)$$

Внаслідок інтегрування рівняння (7) отримаємо:

$$\omega_{0 \text{ сep.}} = \frac{2.9 \cdot (H_2 - H_1) - 0.9 \cdot (H_2^2 - H_1^2)}{H_2 - H_1} = 2.9 - 0.9 \cdot (H_2 + H_1). \quad (8)$$

Для розрахунку середнього значення кінетичного коефіцієнту $\alpha_{\text{сep}}$ в умовах змінної висоти шару, підставимо у рівняння (5) значення середньої швидкості руху теплоносія, розрахованою за формулою (8). Тоді

$$\alpha_{\text{сep.}} = 1.7 \cdot 10^{-6} \cdot t^{0.97} \cdot [2.9 - 0.9 \cdot (H_2 + H_1)]^{1.13}. \quad (9)$$

Рівняння справедливе в межах швидкостей руху теплоносія 2-3 м/с.

Висновок. Отримане на основі експериментальних досліджень кінетики фільтраційного сушіння кавового шлам у умовах змінної висоти шару рівняння (9) дозволяє розрахувати середнє значення кінетичного коефіцієнта $\alpha_{\text{сep}}$ і прогнозувати енергетичні затрати на процес сушіння.

Література

1. Ханьк Я.Н. Фильтрационная сушка плоских проницаемых материалов. – Диссертация доктора техн. наук. Львов, 1992. – 401 с.
2. Декларацийний патент України на винахід № 37729 А F26B3/06. Спосіб фільтраційного сушіння сипких матеріалів// Ханьк Я.М., Гузьова І.О., Атаманюк В.М., Білецька Л.З./ Опубл. 15.05.2001. Бюл. №4.
3. Гузьова І.О., Атаманюк В.М., Ханьк Я.М. Інтенсифікація фільтраційного сушіння сипких зернистих матеріалів. ж. Хімічна промисловість України. №4, 2001, С. 17-19.
4. Гузьова І.О., Ханьк Я.М., Атаманюк В.М. Математична модель процесу сушіння дисперсного матеріалу у щільному шарі// Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ, 2001, вип. 11.1. – С. 104-11.

УДК 621.924.93

Доц. В.С. Джус, канд. техн. наук; доц. А.Я. Куліченко, канд. техн. наук; доц. І.П. Лаушник, канд. фіз.-мат. наук; магістр А.Р. Мілянч – Львів. ф-тет Дніпропетровського Національного ун-ту залізничного транспорту

ПАРАМЕТРИ ГІДРОАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ

Наведені теоретичні рекомендації ефективної гідроабразивної очистки зовнішньої поверхні котлів залізничних цистерн за критерієм продуктивності процесу та якісної підготовки поверхневого шару металу перед нанесенням нового антикорозійного покриття.

V.S. Djus, A.Ya. Kulichenko, I.P. Laushnyk, A.R. Milyanych

The parameters of hidropneumatic treatment of the great overall sitheted cylindrical reservoirs

The theoretical recommendations of the effective hidropneumatic cleaning of the outside surface of tank wagons for the criterion of the productive process and the qualitative preparation of the metal surface layer before covering the new anti-corrosive coating are suggested in this article.

На зовнішні поверхні великогабаритних циліндричних резервуарів, які здебільшого експлуатуються на відкритому повітрі, суттєвий вплив чинять різні за характером атмосферні опади, що з часом проявляються у вигляді нагромадженого бруду, відшарування старої фарби, утворених шарів іржі тощо. Особливе місце серед великогабаритних резервуарів займають залізничні цистерни, які експлуатуються в умовах, наближених до екстремальних, оскільки крім впливу атмосфери ще й підлягають значним динамічним навантаженням, що також впливають на збереження зовнішнього шару антикорозійного покриття. Тому питанню очистки котлів цистерн перед нанесенням нового антикорозійного і декоративного лакофарбового покриття в даний час приділяється значна увага, оскільки зростанням вантажоперевезень залізничним транспортом із країнами Західної Європи вимагає дотримування європейського стандарту стосовно зовнішнього вигляду транспортних засобів, де колір, наприклад цистерни, вказує на призначення і характер транспортного вантажу.

У даний час на більшості локомотиво-ремонтних депо України традиційно процес поверхневої очистки проводиться із застосуванням хімреактивів, які певною мірою негативно впливають на екологічну ситуацію навколишнього середовища. Крім того, необхідно передбачувати споруджування вузлів очистки і регенерації використаних відходів, що пов'язано із значними фінансовими витратами як на їх спорудження, так і в процесі експлуатації. Ці обставини змусили на ремонтних підприємствах залізничного транспорту, а саме, у вагонному депо станції Клепарів (Львів. залізниця) звернути увагу на механічні методи очистки поверхні цистерн, звернувшись за порадами і практичними рекомендаціями до науковців Львівського факультету Дніпропетровського інституту інженерів транспорту (ДІІТ).

Одним із запропонованих виробникам методів поверхневої обробки є струменево-абразивна очистка, суть якої полягає в тому, що на сферичну поверхню цистерни направляється із значною швидкістю струмінь абразивних зерен, які, маючи певну кінетичну енергію, при співударі із даною поверхнею здійснюють роботу, якісно змінюючи її стан і мікропрофіль. Найбільша ефективність процесу відбувається, коли елементи абразивних матеріалів змішують із рідиною і розганяють стисненим повітрям. У такому технологічному варіанті поверхневу обробку називають гідроабразивною (рис. 1).

Потік струменя суспензії надає кожному елементу абразиву такий запас кінетичної енергії, яка перетворюючись в роботу різання, достатня для відокремлення від поверхні котла мікростружки, що після обробки надає по-

верхні цистерни характерного металевго блиску, з одночасним отримуванням необхідної для надійної адгезії із шаром лако-фарбового покриття її шорсткості.

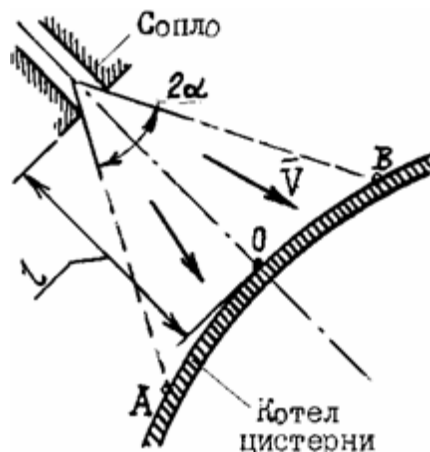


Рис. 1. Схема гідроабразивної обробки поверхні залізничних цистерн

Основними технологічними чинниками процесу були: кут зустрічі струменю пульпи із поверхнею; довжиною струменя; твердість поверхневого шару матеріалу цистерни; характер нашарування, що видаляється; кількість, швидкість та консистенція пульпи; зернистість абразиву тощо [1]. У більшості публікацій, де розглядається процес гідроабразивної обробки, автори здебільшого торкаються питання особливостей контактної взаємодії абразиву із поверхнею, досліджують явища його проникнення в поверхневі шари металу, процеси мікрорізання, формування шорсткості поверхні тощо. У цій публікації автори поставили за мету навести суто прикладний характер процесу, взявши за основу продуктивність гідроабразивної обробки, а саме – кількість видаленого із поверхні зайвого нашарування залежно від окремих факторів процесу.

У загальному вигляді кількість видаленого металу, а він є домінуючим серед інших видів поверхневого нашарування, визначається такою залежністю [2]:

$$G = c \cdot k \cdot A, \quad (1)$$

де: c і k – коефіцієнти, що вказують відповідно на кількість видаленого металу, що приходить на 1 кгс роботи струменя пульпи, та умов мікрорізання; A – витрачена робота, Н м. Витрачена робота A пропорційна живій силі, тому для N абразивних елементів становитиме

$$A = 0,5 \cdot N \cdot m \cdot V^2, \quad (2)$$

де m і V – відповідно маса і швидкість абразивних елементів.

Коефіцієнт k виражається таким чином:

$$k = k_\alpha \cdot k_l \cdot k_{Rz} \cdot k_z,$$

де: k_α , k_l і k_R – коефіцієнти, що враховують відповідно кут нахилу абразивного струменя до поверхні обробки, довжину струменя від сопла до цієї поверхні та шорсткість обробленої поверхні; k_z – розміри абразивних елементів.

На рис. 2 наведений графік залежності кількості видаленого із поверхні металу від кута нахилу струменя пульпи, побудованого за результатами

експериментальних досліджень, причому у процесі проведення експериментів змінювався кут і зернистість абразиву, а решта параметрів залишались незмінними.

$$k_{\alpha} = m_{\alpha} / m_{\alpha \max},$$

де: m_{α} і $m_{\alpha \max}$ – відповідно маса видаленого металу при даному куті α і максимально можливе видалення за тих самих умов нахилу струменя.

Із графіка (рис. 2) видно, що зона найбільш ефективних кутів нахилу струменя при обробці перебуває в межах $25 \dots 50^{\circ}$ незалежно від зернистості абразиву. Раніше було встановлено [2], що видалення матеріалу максимальне при куті атаки 45° . Відхилення максимуму видалення при куті 45° пояснюється руйнуванням поверхні переважно внаслідок процесу мікрорізання, але сили різання будуть зростати за умови, що кут атаки буде меншим 45° .

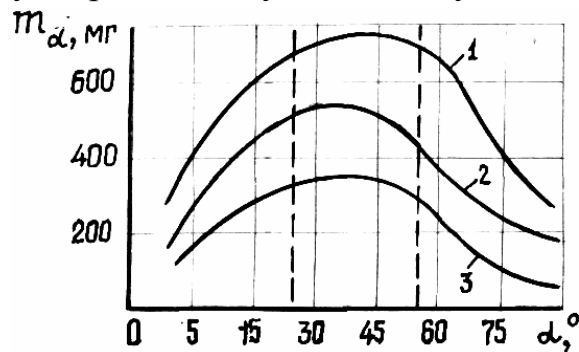


Рис. 2. Вплив кута струменя пульпи на масу видаленого металу при різній зернистості абразиву: 1 – абразив 80 мкм; 2 – абразив 60 мкм; 3 – абразив 40 мкм.

Довжина струменя гідроабразивної пульпи від сопла до сферичної поверхні суттєво впливає на ефективність обробки. Згідно з результатами серії експериментальних досліджень встановлено, що максимальне видалення мікростружки досягається при відстані, яка перебуває в межах (650...1400) мм за умови обробки крупнозернистими $-Z = (100 \dots 160)$ мкм абразивними елементами.

Згідно з графіком, наведеним на рис. 3, встановлюємо: $k_z = m_z / m_{z \max}$.

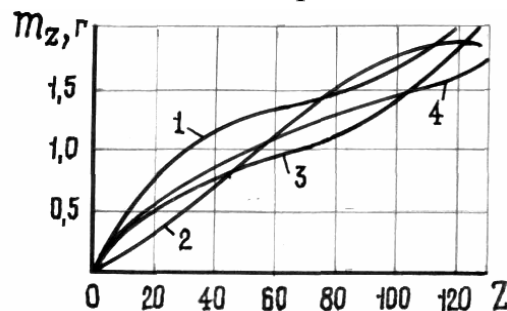


Рис. 3. Графік залежності видалення маси металу від зернистості абразиву при отриманні поверхні із різною шорсткістю: 1 – $R_a = 15$ мкм; 2 – $R_a = 12,5$ мкм; 3 – $R_a = 5,0$ мкм; 4 – $R_a = 2,5$ мкм

Кількість контактувань абразивних елементів N із сферичною поверхнею цистерни встановлюється на основі об'єму пульпи, що подається протягом часу t :

$$V_{\Pi} = Q_{\Pi} t = V_a + V_b, \quad (3)$$

де: Q_{π} – кількість витраченої пульпи, л/с; V_a і V_b – відповідно об'єм у пульпі абразиву і води.

Якщо об'ємне співвідношення води та абразиву (абсолютна консистенція) виразити у вигляді $\beta_0 = V_a / V_b$, то підставляючи V_b у формулу (3), отримуємо

$$V_a = Q_{\pi} t [\beta_0 / (\beta_0 + 1)]. \quad (4)$$

З іншого боку,

$$V_a = (P_a \cdot 10^{-3}) / \gamma_a = (P_{a, \text{ср.}} \cdot N \cdot 10^{-3}) / \gamma_a, \quad (5)$$

де: $P_{a, \text{ср.}}$ – середня маса елементарної частинки абразиву, г; γ_a – питома вага матеріалу абразиву [$\gamma_a = (3,13 \dots 3,15) \text{ кг/м}^3$].

Із наведених залежностей (4) і (5) отримаємо:

$$N = [\beta_0 / (\beta_0 + 1)] [(Q_{\pi} t \gamma_a) / P_{a, \text{ср.}} \cdot 10^{-3}] \quad (6)$$

Струменевий процес гідроабразивної обробки характерний найбільш повною віддачею енергії абразивних елементів, і визначена згідно з формулою (6) кількість їх ударів по поверхні цистерни за 1 секунду придатна для практичних розрахунків, оскільки за своєю сутністю вона є мінімальною.

Підставляючи значення N і k у розрахункові формули (1) та (2), отримаємо:

$$G = 103 \text{ с } k_{\alpha} k_z [\beta_0 / (\beta_0 + 1)] [(Q_{\pi} t \gamma_a) / P_{a, \text{ср.}}] 0,5 \text{ м } V^2. \quad (7)$$

Оскільки для струменевого процесу гідроабразивної обробки витрати пульпи встановлюються за залежністю:

$$Q_{\pi} = (\pi d_c^2 V) / 4,$$

де: d_c – діаметр сопла форсунки; $P_{a, \text{ср.}} = g \text{ м}$, то формула (7) матиме такий вигляд:

$$G = \frac{10^3 \cdot \pi}{8g} \cdot c \cdot k_{\alpha} \cdot k_z \cdot \frac{\beta_0}{\beta_0 + 1} \cdot d_c^2 \cdot t \cdot \gamma_a \cdot V^3. \quad (8)$$

Швидкість абразивного струменя можна виразити через величину тиску на форсунці H_{ϕ} , значення якого встановлюється експериментально, методом заміру манометром [1]

$$V = \mu (2g H_{\phi})^{0,5},$$

де μ – коефіцієнт, що вказує на кількість пульпи, яка проходить через сопло. Значення даного коефіцієнту розраховується за такою формулою:

$$\mu = Q_{\phi} [F (2g H_{\phi})^{0,5}]^{-1},$$

де: F – площа поперечного перерізу форсунки, мм^2 ; Q_{ϕ} – фактичні витрати витікаючої крізь форсунку пульпи ($Q_{\phi} = V_{\pi} / t$).

Виразивши μ через діаметр сопла форсунки, отримуємо

$$\mu = \frac{4 \cdot V_n}{\pi d_c^2 \cdot t \cdot (2g H_{\phi})^{0,5}} = 1,274 \frac{V_n}{d_c^2 \cdot t \cdot (2g H_{\phi})^{0,5}}.$$

Експериментальні дослідження проводились з форсунками діаметрами 6 і 8 мм на воді та пульпі різної консистенції. Аналіз результатів дослідів вказав на те, що розхід пульпи на форсунках пропорційний їх перерізу і не залежить від її консистенції, тобто $Q = k_1 F$, де k_1 – коефіцієнт питомих втрат.

При $F = (25 \dots 105) \text{ мм}^2$ залежність $Q=f(F)$ лінійна, а при $F > 105 \text{ мм}^2$ вона переходить в область квадратичної залежності [2].

Підставивши вирази для розрахунків V і μ у формулу (8), остаточно отриманий вираз для визначення ефективної продуктивності гідроабразивної обробки зовнішньої циліндричної поверхні залізничних цистерн:

$$G = 82,213 \cdot \frac{\beta_0}{\beta_0 + 1} \cdot \frac{V_n^3}{(dc^2 \cdot t)^2} \cdot c \cdot k_\alpha \cdot k_z \cdot \gamma_a. \quad (9)$$

Експериментально встановлено числове значення коефіцієнта c , який за даних умов роботи для обробки сталюї поверхні дорівнює $c = 0,846 \cdot 10^{-3} \text{ г/Н м}$.

Література

1. Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. – К.: Техніка, 1989. – 177 с.
2. Билик Ш.М. Абразивно-жидкостная обработка металлов. – М.: Машиностроение, 1960. – 198 с.

УДК 66.045

*Аспір. Д.П Кіндзера; проф. Я.М. Ханик, д-р техн. наук;
доц. В.М. Атаманюк, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

ГІДРОДИНАМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИ СУШІННІ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ У ЩІЛЬНОМУ ШАРІ

Представлено експериментальні і теоретичні дослідження гідродинаміки фільтрування теплоносія крізь вологий шар торфу при фільтраційному сушінні.

*Doctorate D. Kidzera, prof. Ya. Khanyk,
doc. V. Atamanuk – NU "Lvivs'ska Politehnika"*

The hydrodynamic peculiarities of drying disperse materials in the dense layer

In this work are represented experimental and theoretical investigations of the hydrodynamics of hot air filtration through the wet layer of the peat during filtration drying.

У західних регіонах України сконцентровані значні запаси торфу, теплота згорання якого є достатньо високою і становить 18900-27300 кДж/кг. У зв'язку з цим є актуальною проблема застосування торфу, як палива, у народному господарстві. Це дозволить частково розв'язати енергетичну проблему України та зменшити її залежність від країн експортерів енергоносіїв.

Постановка проблеми. Для використання торфу я паливо його необхідно попередньо висушити до вологості 10-12 % і спресувати у так звані торфобрикети. З усіх відомих методів сушіння найбільш екологічно чистим і