

О.В. ГОРИК, д-р техн. наук, С.Б. КОВАЛЬЧУК, канд. техн. наук, О.М. БРИКУН

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Р.Є. ЧЕРНЯК

ПАТ «АвтоКрАЗ», м. Кременчук, Україна

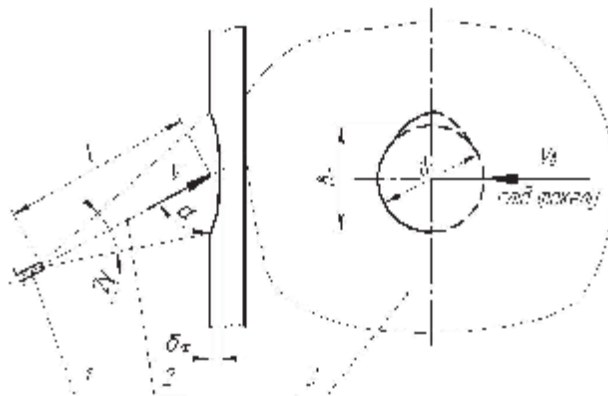
Методика визначення параметрів дробеструменевого очищення металевих поверхонь деталей машин

Не дивлячись на широке впровадження полімерних матеріалів, скла, кераміки, основними конструкційними матеріалами продовжують залишатися чорні метали та сплави на їх основі. Під час експлуатації деталей машин із таких матеріалів, доводиться стикатися з явищами корозійного руйнування робочих поверхонь під дією навколишнього середовища або від контакту із агресивними речовинами.

Найбільш розповсюдженим є захист металевих поверхонь виробів шаром неметалевого покриття. Очищення металевих поверхонь є найбільш трудомістким етапом підготовки поверхні до нанесення неметалевого захисного покриття. В той же час неякісна очистка поверхні призводить до значного зниження терміну експлуатації покриття.

Прогресивним способом, за допомогою якого можливо підвищити ефективність очищення поверхонь та забезпечити необхідну довговічність захисного покриття, є дробеструменеве очищення. Застосування дробеструменевого очищення забезпечує не лише видалення окисних плівок і різних механічних забруднень, а і формування необхідної шорсткості поверхні та активування поверхневого шару оброблюваної деталі.

До технологічних параметрів режиму дробеструменевого очищення, при вибраному типі дробу та визначеному абсолютному тиску стисненого повітря у корпусі дробеструменевого апарату, відносяться (рис.1): швидкість атаки дробинками оброблюваної поверхні (v , м/с); кут атаки дробеструменевим факелом оброблюваної поверхні (α , град); швидкість пересування відбитку дробеструменевого факела по оброблюваній поверхні (v_g , м/хв); середній діаметр дробу (d , мм). Перераховані параметри а також їх співвідношення суттєво впливають як на продуктивність очищення та і на якість поверхні оброблюваних деталей.



1 – дробеструменеве сопло; 2 – дробеструменевий факел; 3 – оброблювана поверхня

Рис.1. Схема процесу дробеструменевого очищення

У даній роботі подано результати експериментальних досліджень дробеструменевого очищення сталевих виробів, які пройшли термічну обробку в режимі нормалізаційного відпалу, при різноманітних технологічних режимах.

Дослідження впливу технологічних параметрів дробеструменевого очищення на якість та продуктивність обробки металевих поверхонь виконували на експериментальній лабораторній установці власної конструкції (рис.2). Установа складається з наступних основних елементів: блок підготовки стислого повітря 1; дробеструменевий апарат нагнітального типу 2; захисна камера для ізолювання зони очищення 3; механізм пересування оброблюваного виробу 4; агрегат утилізації відходів 5; система управління 6; лінії зв'язку 7.

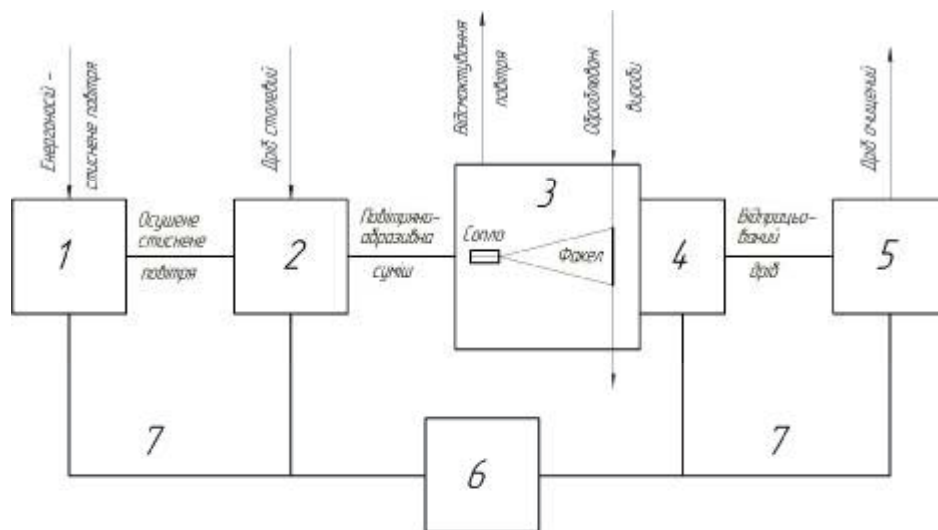


Рис.2. Технологічна схема лабораторної дробеструменевої установки

Основні технічні характеристики лабораторної установки:

1. Дробеструменевий апарат – нагнітального типу з корисним об'ємом $0,12 \text{ м}^3$ і одноразово завантажуваною масою дробу 500 кг .
2. Дробеструменеві сопла – циліндричні мінералокерамічні з діаметром матеріального отвору 6, 8, 10 і мм .
3. Енергоносії – стисле повітря, очищене від механічних забруднень і осушене від вологи, з надлишковим тиском $0,6 \text{ МПа}$ 3-го класу забрудненості згідно ГОСТ 17433–80 (максимальна витрата стислого повітря через сопло діаметром 10 мм $\square 6,5 \text{ м}^3/\text{хв}$).
4. Максимальна подача дробу через циліндричне сопло діаметром 10 мм $\square 40 \text{ кг}/\text{хв}$.
5. Форма дробеструменевого факела – конічна з кутом розкриття $2\gamma \approx 30^\circ$.
6. Відстань від дробеструменевого сопла до оброблюваної поверхні – $l = 100 \dots 600 \text{ мм}$.
7. Кут атаки дробеструменевим факелом поверхні оброблюваних зразків – $\alpha \approx 15 \dots 90^\circ$.
8. Швидкість вильоту дробу – $\leq 200 \text{ м} / \text{с}$.
9. Швидкість пересування відбитку дробеструменевого факела по оброблюваній поверхні – $v_g = 0,2 \dots 2,0 \text{ м} / \text{хв}$.
10. Діаметр умовного проходу трубопроводу, що подає стисле повітря до установки – 40 мм .

У ході проведення експериментів використовувався дробеструменевий апарат нагнітального типу, як найбільш ефективний і економічний, та розрахований для роботи при абсолютному тиску стиснутого повітря в корпусі апарату $0,6 \text{ МПа}$.

Для проведення досліджень використовували плоскі прямокутні зразки розміром $400 \times 500 \times 4 \text{ мм}$ (рис.3) вирізані із сталевих листових прокатів (сталь 10). У деяких зразках додатково вирізали центральний отвір діаметром 80 мм , у який вставляли дисковий зразок (рис.4). Таке поєднання зразків потріб-

не у тому випадку, коли необхідно проводити зважування дискових зразків на аналітичних вагах для визначення втрати маси після дробеструменевого очищення.

Перед дробеструменевим очищенням зразки піддавали термічній обробці в режимі нормалізаційного відпалу, який дозволяє не тільки знежирити оброблювану поверхню, але і зняти внутрішні залишкові напруження у виробі та знизити вміст вуглецю у поверхневому шарі зразків.

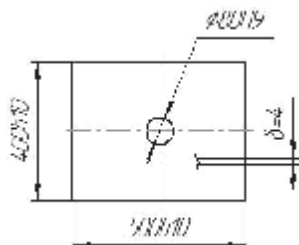


Рис.3. Зразок прямокутний

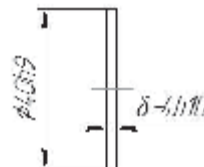


Рис.4. Зразок дисковий

Експериментальні дослідження проводили з використанням технічного металевго дробу наступних видів:

- дріб сталевий колотий марки ДСК-17 з діаметром сфери, описаної навколо дробинки $d = 1,0 \dots 2,0 \text{ мм}$ (фракція 1,0...2,0) [1];
- дріб сталевий рублений з холоднотягнутого, термічно необробленого дроту діаметром $d = 1,0 \dots 2,0 \text{ мм}$ з довжиною частки $l \approx d$ (матеріал дроту – вуглецева конструкційна сталь марки 60) [2].

У ході проведення дослідження встановлювалась фактична швидкість руху дробинки на заданій відстані від сопла. Для цього використовувались сталеві кульки діаметром $d = 1,0 \dots 2,0 \text{ мм}$ з шарикопідшипникової сталі ШХ15 твердістю $HRC 62 \dots 65$ [3] та спеціальне механічне пристосування, кінематична схема якого наведена на рис.5.

Пристосування складається з ротора 1, встановленого на вихідній ділянці валу 2, який змонтований на опорах 3 в корпусі 4. З протилежного боку по відношенню до ротора 1 на іншій вихідній ділянці валу 2 закріплений шків 5, який за допомогою гнучкого зв'язку сполучений з приводним шківом 6, який розміщений на валу електродвигуна 7.

Ротор 1 даного пристосування, виконаний (рис.6) зварним у вигляді двох дисків діаметром D (товщиною a) лівого 1 і правого 2, які насаджені на втулку 3 з центральним отвором d . У лівому диску 1 зроблений закритий проріз шириною b і довжиною c .

При обертанні ротора за годинниковою стрілкою з постійною кутовою швидкістю ω , слід дробинки на внутрішній поверхні правого диска буде зміщений відносно прорізу в лівому диску проти годинникової стрілки на кут φ , оскільки ротор обертається, коли дріб проходить відстань S (рис.6). Вимірявши кут φ , можна визначити середню швидкість атаки дробинками оброблюваної поверхні v на підставі наступних міркувань.

Дробинки проходять відстань S між внутрішніми стінками дисків ротора за проміжок часу Δt з середньою швидкістю v . Таким чином:

$$S = v\Delta t,$$

звідки:

$$\Delta t = S / v. \quad (1)$$

При цьому лівий диск ротора за час Δt обернеться відносно сліду на правому диску за годинниковою стрілкою на кут φ з відомою постійною кутовою швидкістю ω , тобто:

$$\varphi = \omega\Delta t,$$

звідки:

$$\Delta t = \varphi / \omega. \quad (2)$$

Прирівнявши вирази (1) та (2), отримаємо наступне співвідношення для швидкості атаки дробинками оброблюваної поверхні

$$v = S\omega/\varphi. \quad (3)$$

Для дослідження впливу зміни окремого параметра технологічного режиму дробеструменевого очищення виділена група зразків піддавалась обробці при варіюванні лише одного із параметрів: кута атаки, швидкості атаки, швидкості переміщення факела чи гранулометричного складу дробу при незмінних інших.

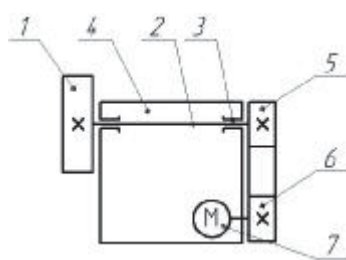


Рис.5. Схема вимірювального пристосування

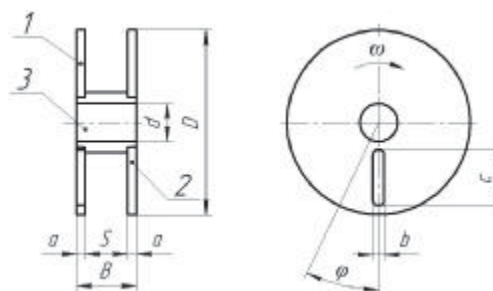


Рис.6. Ротор

Дослідження впливу кута атаки α виконувалось при обробці нерухомих зразків під різними кутами із постійною швидкістю атаки v , але із різною тривалістю обробки. Під час обробки окремого зразка кут атаки зберігався незмінним, однак у межах серії дослідів змінювався в інтервалі від 0° до 90° .

Метою даного експерименту було встановлення кута атаки α , який забезпечує максимальну продуктивність дробеструменевого очищення та найбільш розвинений профіль обробленої поверхні з одного боку і найменше шаржування обробленої поверхні уламками дробу та найбільшу довговічність дробу з іншого.

Після проведення очищення дискові зразки обдували теплим стислим повітрям для видалення металевих пилю і зважували на аналітичних вагах для визначення втрати маси, а з обробленої поверхні знімали профілограми шорсткості за допомогою профілометра-профілографа мод. 201 [5]. Ступінь шаржування обробленої поверхні осколками дробу визначали під оптичним мікроскопом.

Втрату маси зразків визначали за різницею мас до та після обробки:

$$m_1 - m_2 = \Delta m, \quad (4)$$

де m_1 – маса дискового зразка до очищення; m_2 – маса дискового зразка після очищення.

Видалений об'єм знятого металу визначали за співвідношенням:

$$\Delta W = \Delta m / \rho, \quad (5)$$

де ρ – щільність низьковуглецевої сталі.

Товщину знятого шару визначали усереднено:

$$\delta_{np} = \Delta W / F, \quad (6)$$

де F – площа оброблюваної поверхні зразка.

Продуктивність дробеструменевого очищення залежно від кута атаки α оцінювали питомими показниками видаленої маси Q_m і видаленого об'єму Q_w з одиниці площі поверхні оброблюваного зразка за одиницю часу:

$$Q_{num.m} = \Delta m / (tF), \quad Q_{num.w} = \Delta W / (tF), \quad (7)$$

де t – час дробеструменевої обробки.

Дослідження впливу швидкості атаки v проводили на нерухомих зразках при незмінному куті атаки α та тривалості обробки. Швидкість атаки при очищенні окремих зразків залишалась незмінною протягом періоду обробки.

Швидкість руху дробинки у атмосфері навколишнього повітря по мірі віддалення від сопла знижується по експоненціальному закону [4], тому зміна швидкості атаки виконувалась шляхом зміни відстані від

поверхні зразка до дробеструменевого сопла у межах $l = 0,1 \dots 0,6 \text{ м}$ при постійному надмірному тиску повітря ($P_n = 0,6 \text{ МПа}$) у корпусі дробеструменевго апарату.

Оцінка якості та продуктивності очищення виконувалась аналогічно дослідженню впливу зміни кута атаки із використанням показників встановлених за (4-7).

Дослідження швидкості переміщення дробеструменевго факела v_e проводили при незмінному куті атаки α , постійній швидкості атаки v , яку забезпечує довжина факелу l при певній швидкості пересування оброблюваного виробу відносно нерухомого дробеструменевго факела.

Дослідження проводилось з метою визначення максимально можливої швидкості пересування (подачі) відбитку дробеструменевго факелу по оброблюваній поверхні v_e , яка, при мінімальній товщині шару металу, що видаляється δ_{np} , забезпечує чисту рівномірну шорсткість металевої поверхні, і забезпечує прийнятну величину перекриття слідів відбитків сусідніх факелів.

Після кожного досліду візуально перевіряли оброблену поверхню за допомогою лупи десятикратного збільшення на предмет наявності слідів окалини і механічних включень, а також рівномірності обробки.

Очищені від окалини дискові зразки обдували теплим стислим повітрям для видалення металевого пилу та зважували на аналітичних вагах для визначення втрати маси Δm , а з оброблених поверхонь знімали профілограми за допомогою профілометра-профілографа мод. 201. Шорсткість оброблених поверхонь оцінювали за допомогою параметрів R_a і S_m по відомій методиці [7]. Міру шаржування оброблених поверхонь осколками дробу визначали під оптичним мікроскопом «Неофот-32». Для кожного досліду розраховували масову Q_m і об'ємну Q_w продуктивність дробеструменевго очищення:

$$Q_m = \Delta m / t, \quad Q_w = \Delta W / t = \Delta m / (\rho t), \quad (8)$$

де t – час проходження відбитком дробеструменевго факела дискового зразка діаметром $d = 80 \text{ мм}$, тобто $t = d / v_e$.

З іншого боку продуктивність дробеструменевго очищення визначається рівнянням:

$$Q_w = e_{ш} \delta_{np} v_e, \quad (9)$$

де $e_{ш}$ – ширина сліду, який залишає за собою рухомий відбиток.

Згідно [6] ширина сліду $e_{ш}$ менша за діаметр відбитку факела d_e на оброблюваній поверхні:

$$e_{ш} \approx k_{\phi} d_e, \quad (10)$$

де $k_{\phi} = 0,8 \dots 0,9$ – коефіцієнт, що враховує неоднорідність дробеструменевго очищення в центральній частині і по краях відбитку.

Оскільки дробеструменевий факел має конічну форму з кутом розкриття $2\gamma \approx 30^\circ$ (рис.1), то визначити діаметр відбитку d_e можна за співвідношенням:

$$d_e = 2l \operatorname{tg} \gamma, \quad (11)$$

де l – відстань від дробеструменевго сопла до оброблюваної поверхні (довжина дробеструменевго факела).

Дослідження гранулометричного складу дробу виконувалося з метою встановлення залежності параметрів шорсткості обробленої поверхні, а саме: середнього арифметичного відхилення профілю R_a і середнього кроку нерівностей профілю S_m та масової продуктивності дробеструменевго очищення Q_m від середнього діаметру d_{dp} описаної сфери застосовуваного технічного дробу.

У ході дослідження дробеструменеве очищення поверхні зразків здійснювали при постійному куті атаки α , незмінній швидкості атаки v та тривалості обробки t і нульовій подачі відбитку дробеструменевго факела v_e .

Після кожного циклу вироблення абразивного матеріалу, засипаного в дробеструменевий апарат, дріб

сепарували, а потім зважували. Гранулометричну класифікацію відпрацьованого дробу виконували під оптичним мікроскопом.

За результатами проведених досліджень, ефективність дробеструменевго очищення, в залежності від гранулометричного складу дробу на продуктивність і якість обробки, оцінювали технічними показниками згідно формул (4-7).

Висновки. Викладена методика визначення оптимальних параметрів технологічного режиму дробеструменевго очищення поверхні металевих деталей заснована на проведенні експериментальних досліджень, результати яких можуть бути використані при розробці аналітичної моделі процесу.

Критеріями оптимізації процесу дробеструменевго очищення є об'ємна продуктивність обробки і ступінь шаржування обробленої поверхні осколками технічного дробу, яка пропорційна і безпосередньо залежить від інтенсивності зношування дробу в процесі очищення.

Застосування даної методики дозволяє визначити оптимальні технологічні режими процесу дробеструменевго очищення, наявність яких є обов'язковою умовою для ефективної механізації і автоматизації дробеструменевго очищення металевих поверхонь деталей машин.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дріб сталевий та чавунний технічний. Загальні технічні умови: ДСТУ 3184-95. – [Чинний від 01.07.96]. – К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 34с. – (Національні стандарти України)
2. Проволока из углеродистой конструкционной стали. Технические условия: ГОСТ 17305-91. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 8 с.
3. Подшипники качения. Шарик. Технические условия: ГОСТ 3722-81. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 16 с.
4. Чернявский А.Н. О связи технологических параметров струйно-абразивной обработки / А.Н. Чернявский // Технология и организация производства. – К., 1979. – №1. – С. 33-37
5. Витенберг Ю.Р. Шероховатость поверхности и методы ее оценки / Ю.Р. Витенберг. – Л.: Судостроение, 1971. – 52 с.
6. Горик А.В. Методика определения оптимальных параметров процесса дробеструйной очистки. Сообщение 2. Технические параметры / А.В. Горик., А.Н. Чернявский, А.А. Ландарь // Бетон и железобетон в Украине. – 2011. – Выпуск 2. – С. 14-18
7. Хусу А.П. Шероховатость поверхности (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Ю.Р. Витенберг, В.А. Пальмов. – М.: Наука, 1975. – 438с.

Д.В. ГРЕЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., **І.О. ПОНОМАРЕНКО** асп.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Аналіз існуючих технологій кріплення глибоких котлованів

В наш час освоєння підземного простору може, по-праву, розглядатися у світовому масштабі одним з найважливіших і динамічно розвиваючихся у цивільному та промисловому будівництві. Значну роль підземне будівництво відіграє і в Україні. Найширше будівництво підземних і заглиблених споруд проводиться на територіях великих міст і мегаполісів. Основними факторами, що сприяють необхідності використання підземного простору міст, є як нестача вільних територій в умовах історично сформованої забудови, так і вимоги розвитку міської інфраструктури.

Стіни котлованів піддаються дії фізичних і геотехнічних факторів, в результаті чого може відбуватися їх руйнування. Такими факторами є активний і пасивний тиск ґрунту, гідростатичний тиск води, технологічні навантаження на брівку і дно котловану. Для котлованів з підвищеною заглибленістю і несприятливими геологічними умовами необхідне влаштування огорожуючих конструкцій стін та їх підсилення.

Для підсилення кріплення бортів глибоких котлованів використовуються розпірки, підкоси та ґрунтові анкери. Кріплення огорожень котлованів ґрунтовими анкерами малого діаметру та великої несучої спроможності є достатньо новим методом, так як застосовується в практиці вітчизняного будівництва не так давно. В той же час в інших країнах анкерне кріплення знайшло широке застосування. Останнім часом поряд з відомими технологіями влаштування анкерів з'являються і нові.