

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ АБРАЗИВНИХ АРМОВАНИХ КРУГІВ

АННОТАЦІЯ. Розглядаються питання, пов'язані з продуктивністю ручних і переносних машин з абразивним робочим органом. Приведено залежності продуктивності виконання відрізних і зачисних операцій та зносостійкості абразивного армованого круга від режимів роботи.

Ключові слова: абразивний армований круг, робоча швидкість, режим роботи.

АННОТАЦИЯ. Рассматриваются вопросы, связанные с производительностью ручных и переносных машин с абразивным рабочим органом. Приведены зависимости производительности выполнения отрезных и зачистных операций и износостойкости абразивного армированного круга от режимов работы.

Ключевые слова: абразивный армирован круг, рабочая скорость, режим работы.

SUMMARY. Questions are examined in the article, what related with the productivity of hand and portable machines with an abrasive working organ. The resulted dependences of the productivity of implementation of detachable and trimming operations and wear of the abrasive reinforced circle are on mode of operations.

Keywords: abrasive reinforced circles, working speed, mode of operations.

Актуальність роботи

Щорічно при виконанні масових трудомістких відрізних і зачисних операцій у будівництві та інших галузях промисловості використовуються ручні переносні та стаціонарні машини з абразивними робочими органами. У зв'язку з цим на сьогодні визначення продуктивності машин та зносостійкості абразивних робочих інструментів є актуальним.

Мета та постановка задачі

Відрізні та зачисні операції, які виконуються при будівельно-монтажних роботах, в машинобудуванні, інших галузях народного господарства, є масовими і трудомісткими. Так, при монтажі 100 м труб діаметром до 150 мм виконується більше ніж 80 перерізів труби для установки відведень, фланців, переходів, патрубків; у виробництві підганяльних операцій. При монтажі металоконструкцій на 5 т конструкцій індустріального виготовлення і 1 т металоконструкцій, що виготовляються на монтажному майданчику, доводиться приблизно по 1 м різіу і по 0,5 м² зачистки. Абразивний інструмент використовується на виробничих базах і монтажних майданчиках у поєднанні з ручними, переносними і стаціонарними машинами.

У даній статті приведені результати досліджень по впливу різних чинників на продуктивність та зносостійкість абразивних армованих кругів.

Виклад основного матеріалу

Питома технічна продуктивність при різанні (рис.1) одним абразивним кругом

$$Q_p = Q_p^0 \bar{\varphi}(M, \tau_p), \quad (1)$$

де $Q_p^0 = \frac{\Delta M_g}{\tau_p}$ – продуктивність різання

без урахування стомлюваності оператора, кг/с; $\Delta M_g = F_g \tilde{H} \rho_g N$ – маса зруйнованого при різанні матеріалу, кг; $\bar{\varphi}(M, \tau_p)$ – середнє за час роботи τ_p значення функції $\varphi(M, \tau)$, що враховує зниження продуктивності залежно від тривалості роботи τ і маси M ручної машини

$$\bar{\varphi}(M, \tau_p) = \frac{1}{\tau_p} \int_0^{\tau_p} \varphi(M, x) dx, \quad (2)$$

де $\tau_p = \frac{NL_0 + R_0 - R_\varphi - L_1}{V_\Pi}$ – час, витрачений на різання, с; F_g – площа поперечного перетину об'єкту, який розрізується, м²;

ρ_g – щільність оброблюваного матеріалу,

$кг/м^3$; \tilde{H} – висота абразивного круга, $м$; V_n – швидкість подачі абразивного інструменту, $м/с$; N – кількість перерізів, яке можна виконати одним кругом; L_0 – розмір об'єкту, що розрізується, у напрямі подачі, $м$; L_1 – товщина матеріалу, що розрізується, $м$; R_0, R_ϕ – радіуси круга і затискного фланця, $м$.

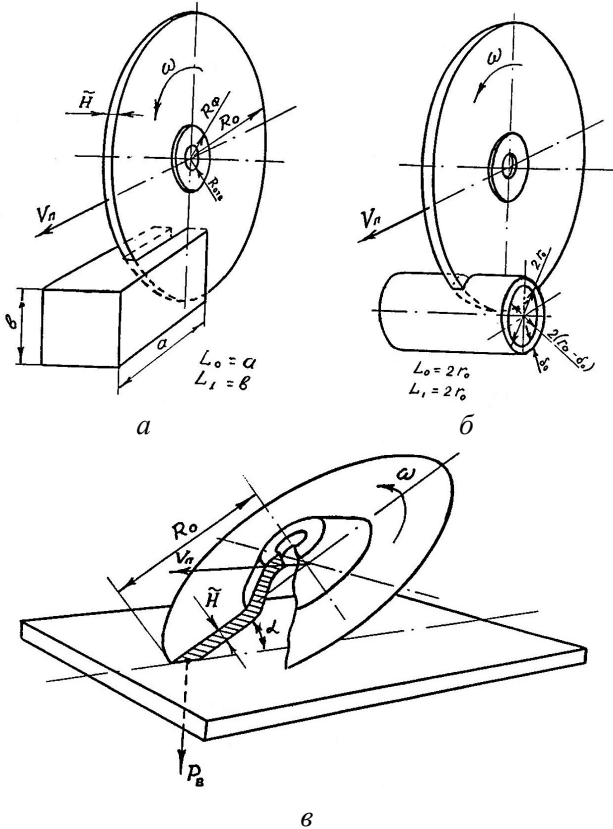


Рис. 1 – а, б – схеми різки; в – зачистки

Зносостійкість відрізного абразивного круга характеризується коефіцієнтом шліфування

$$S_p = \frac{dF_g}{dF_{кр}}, м^2/м^2, \quad (3)$$

де dF_g – елементарна площа поперечного перетину об'єкту, що розрізується, $м^2$; $dF_{кр}$ – елементарна площа зношеної частини круга, $м^2$.

За N перерізів круг зношується від початкового радіуса R_0 до величини, що включає радіус притискного фланця і товщину матеріалу, що розрізується, $R_\phi + L_1$.

У цьому випадку з (3) маємо

$$N F_g = 2\pi \int_{R_\phi+L_1}^{R_0} S_p R dR,$$

або

$$N = \frac{2\pi}{F_g} \int_{R_\phi+L_1}^{R_0} S_p R dR, \quad (4)$$

де R – відстань від центра круга, $м$.

Підставляючи (4) в (1), маємо

$$Q_p = \frac{2\pi \tilde{H} \rho_g \int_{R_\phi+L_1}^{R_0} S_p R dR}{\tau_p} \bar{\varphi}(M, \tau_0). \quad (5)$$

Питома технічна продуктивність при зачистки одним абразивним кругом (рис.1,в)

$$Q_3 = Q_3^0 \bar{\varphi}(M, \tau_3), \quad (6)$$

де $Q_3^0 = \frac{\Delta M_g^3}{\tau_p}$ – продуктивність зачистки

без урахування стомлюваності оператора, $кг/с$; τ_3 – час роботи, $с$.

Зносостійкість зачисного круга

$$S_3 = \frac{dM_g}{dM_{кр}}, кг/кг, \quad (7)$$

де dM_g – елементарна маса зішліфованого матеріалу, $кг$; $dM_{кр}$ – елементарна маса зношеного круга ($кг$) визначається за формулою

$$dM_{кр} = 2\pi R dR \frac{\tilde{H}}{\sin \alpha} \rho_{кр},$$

де α – кут нахилу круга до оброблюваної поверхні, $рад$; $\rho_{кр}$ – щільність круга, $кг/м^3$.

Інтегруючи (7), одержуємо

$$\Delta M_g = 2\pi \frac{\tilde{H}}{\sin \alpha} \rho_{кр} \int_{R_\phi}^{R_0} S_3 R dR. \quad (8)$$

Підставляючи (8) в (6) маємо

$$Q_3 = 2\pi \frac{\tilde{H}}{\sin \alpha} \rho_{кр} \int_{R_\phi}^{R_0} S_3 R dR \frac{\bar{\varphi}(M, \tau_3)}{\tau_3}. \quad (9)$$

Із залежностей (5) і (6) видно, що невідомими параметрами є зносостійкість абразивних армованих кругів і функція, що враховує стомлюваність оператора. При цьому

з аналізу залежностей виходить, що зі збільшенням зносостійкості інструменту продуктивність підвищується. На стомлюваність оператора під час різання і зачистки основний вплив є маса ручних машин і величина зусилля, що прикладається до рукояток за ручної подачі інструмента, а також час роботи. Інші менш істотні параметри, такі як компоновка машини, її шумові і вібраційні характеристики, максимальні величини яких регламентовані відповідними стандартами, нами не розглядалися. Були проведені експериментальні роботи для визначення комплексного впливу часу роботи і маси машини на продуктивність, тобто

$$\frac{Q_p}{Q_p^0} = \varphi(M, \tau). \text{ Дослідження виконувалися}$$

при роботі кутовими ручними машинами чотирьох типорозмірів, що найширше застосовуються при ремонтних і монтажних роботах. Продуктивність визначалася через фіксовані проміжки часу. В результаті обробки експериментальних даних одержана така аналітична залежність

$$\begin{aligned} \varphi(M, \tau) = & 0,6045 + 0,1102 \cdot 10^{-2} \tau - \\ & - 0,4167 \cdot 10^{-6} \tau^2 - 0,4083 \cdot 10^{-3} M \tau + \\ & + 0,2375M - 0,0261M^2. \end{aligned} \quad (10)$$

Підставляючи (10) в (2) визначаємо середнє значення продуктивності при роботі в перебігу конкретного проміжку часу τ_0 (відповідно τ_p і τ_z для різання і зачистки):

$$\begin{aligned} \varphi(M, \tau_0) = & 0,6045 + 0,5511 \cdot 10^{-3} \tau_0 - \\ & - 0,1389 \cdot 10^{-6} \tau_0^2 - 0,2042 \cdot 10^{-3} M \tau_0 + \\ & + 0,2375M - 0,0261M^2. \end{aligned} \quad (11)$$

Абразивний армований круг є складною багатокомпонентною композицією, що складається із зерна, закріпленого в органічній матриці, температура руйнування якої складає 520-570К. Разом з тим в результаті його взаємодії з оброблюваним об'єктом у зоні контакту виникають більш високі температури. Тепло, що виділилося, розподіляється між інструментом, об'єктом обробки, стружкою і навколишнім середовищем та впливає безпосередньо не тільки на зносостійкість абразивного круга, але і на якість

оброблюваної поверхні та режими роботи. Так, у випадках, якщо ділянка матриці круга після виходу із зони контакту до наступного робочого циклу не втратить тепло, температура підвищуватиметься до тих пір, поки він не зруйнується. При скороченні часу обробки, тобто збільшенні подачі, швидкість просування фронту високих температур зростає, що позитивно позначається на якості поверхні, що розрізується.

В результаті вивчення теплових процесів, що протікають при взаємодії абразивного армованого круга з об'єктом обробки, встановлено вплив режимів роботи, теплофізичних та інших параметрів на зносостійкість.

Визначено, що з підвищенням швидкості в контактній зоні зростає число теплових імпульсів, що негативно позначається на зносостійкості круга. Разом з тим із зростанням коллової швидкості збільшується тепловіддача навколишньому середовищу, що сприяє підвищенню зносостійкості круга і скороченню часу його перебування в зоні високих температур.

Вітчизняні і зарубіжні абразивні армовані круги призначаються для роботи з максимальною колловою швидкістю 80 м/с, оскільки її збільшення лімітується підвищенням шумових і вібраційних навантажень. Різання зі швидкостями 100 м/с рекомендується тільки на стаціонарних верстатах. Подальше підвищення робочої швидкості супроводжується інтенсивним зносом круга внаслідок передчасного ви крошування абразивних зерен з полімерної матриці.

Із зростанням швидкості подачі та збільшенням деформації стружки виділяється більша кількість тепла, частина якої проникає в об'єкт, що обробляється. Виходячи з цього, необхідно визначити оптимальну величину подачі, за якою забезпечується максимальна зносостійкість абразивного інструменту і необхідна якість розрізаючої поверхні.

Експериментальні дослідження проводилися в діапазоні коллових швидкостей 40...80 м/с, які зменшуються у зв'язку з мірою зносу круга і швидкостей подач, що

реально досягаються при роботі ручними і переносними машинами.

На рис. 2 приведено залежності зносостійкості від режимів роботи.

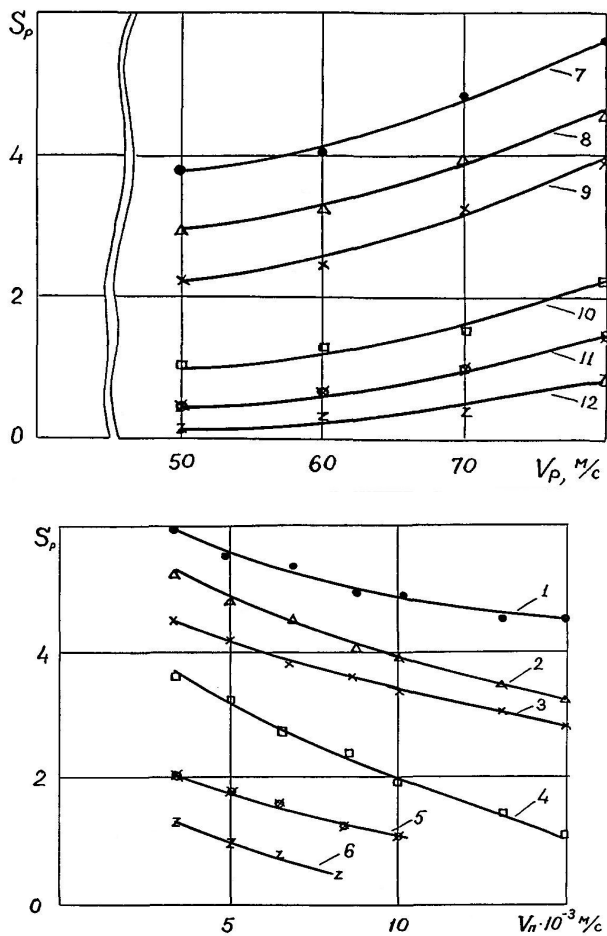


Рис. 2. Залежності зносостійкості круга S_p від режимів роботи ($V_n; V_p$) при різанні металопрокату: 1, 3, 5 – $V_p = 75 + 80$ м/с;

$$2, 4, 6 - V_p = 52 + 54 \text{ м/с}; 1, 2 - \frac{\bar{l}_k}{R_0} = 0,1;$$

$$3, 4 - \frac{\bar{l}_k}{R_0} = 0,18; 5, 6 - \frac{\bar{l}_k}{R_0} = 0,31;$$

$$7, 8, 11 - V_n = 0,0033 \text{ м/с}; 9, 10, 12 - V_n = 0,0133 \text{ м/с};$$

$$7, 9 - \frac{\bar{l}_k}{R_0} = 0,1; 8, 10 - \frac{\bar{l}_k}{R_0} = 0,18;$$

$$11, 12 - \frac{\bar{l}_k}{R_0} = 0,31.$$

Встановлено, що при різанні на швидкостях подач менш $3,3 \cdot 10^{-3}$ м/с якість поверхні незадовільна внаслідок утворення пропалень і заусенців. Із збільшенням подачі зростає швидкість просування фронту високих температур, що позитивно позна-

чається на якості поверхні зрізу. З наведених залежностей видно, що із зростанням швидкості подачі від $3,3 \cdot 10^{-3}$ до $8,3 \cdot 10^{-3}$ м/с при постійній робочій швидкості зносостійкість круга зменшується в 1,4...1,6 разів, а із зміною робочої швидкості від 80 до 40 м/с – 1,8...2 рази. Це пояснюється тим, що кожне абразивне зерно, знімаючи більшу стружку, інтенсивніше викришується з полімерної матриці.

Збільшення розмірів абразивного зерна дозволяє підвищити зносостійкість абразивного круга, бо при цьому створюється сприятливіший тепловий режим.

Аналогічні результати одержані при різанні з водяним охолодженням вогнетривких матеріалів, що використовуються для футеровки нагрівального устаткування, а також зі збільшенням довжини дуги контакту круга з оброблюваним об'єктом тепловідлення, зростає. Слід враховувати, що в зоні контакту відбувається нагрів круга, а поза нею – охолодження унаслідок тепловіддачі в навколишнє середовище. У зв'язку з цим знос абразивного інструменту знижується при зменшенні відношення між довжиною дуги контакту і довжини ріжучої кромки круга, що знаходиться поза контактом.

Встановлені аналітичні залежності, що дозволяють визначити зносостійкості абразивного армованого круга під час:

– різання металопрокату

$$S_p = K_{cn} Z_e \left(0,1478 + 1,2318 \cdot 10^{-3} \omega R - 2,1480 V_n - 0,5918 \frac{\tilde{l}_k}{R} + \right. \quad (12)$$

$$\left. + 4,3221 \cdot 10^{-3} \omega \tilde{l}_k + 7,8462 V_n \frac{\tilde{l}_k}{R} + 1,1974 \cdot 10^{-8} \gamma + 1,6992 \cdot 10^4 a_g \right);$$

– зачищення металевих поверхонь

$$S_3 = 16,979 + 3,211 \cdot 10^{-2} \omega R - 1,333 \cdot 10^3 V_n - 0,113 P_b + 0,637 \alpha, \quad (13)$$

де K_{cn} – коефіцієнт, що враховує тип відповідної машини; Z_e – зернистість абразиву, ω – кутова швидкість круга, 1/с; R – радіус абразивного круга, м; V_n – швидкість

подачі, m/s ; \tilde{l}_k – довжина шляху контакту, m ; γ – жорсткість вузла шпинделя привідної машини, H/m ; a_g – температуропровідність матеріалу, що обробляється, m^2/s ; P_b – зусилля притиснення круга до оброблюваної поверхні, H ; α – кут нахилу круга до поверхні, що обробляється, град.

Таким чином, в результаті проведених досліджень визначені основні параметри, які визначають економічну ефективність застосування армованих кругів під час відрізних і зачисних операцій.

Висновки

1. Визначено залежності продуктивності виконання відрізних і зачисних операцій з врахуванням втомлюваності робітника.

2. На зносостійкість абразивного армованого круга впливають теплові процеси, які протікають у контактній зоні, а його

зносостійкість залежить від режимів роботи, довжини дуги контакту, теплофізичних показників матеріалу, що оброблюється, і жорсткості шпиндельного вузла привідної машини.

Література

1. *Абрашкевич Ю.Д., Сотников Г.А.* Абразивные армированные инструменты для строительно-монтажных работ.– М.: Стройиздат, 1983, 210с..
2. *Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Смірнов В.М., Рашківський В.П.* «Механізація трудомістких процесів». Навчальний посібник.– К.: КНУБА, 2006, 180 с..

Рецензент: О.М.Гаркавенко, к.т.н, доцент (КНУБА, Київ)

Отримано: 15.03.2010р.