

## Навантаження абразивних армованих кругів при зміні технологічних параметрів

Юрій Абрашкевич<sup>1</sup>, Олександр Марченко<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА)  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037,

<sup>1</sup>[abrashkevych.iud@knuba.edu.ua](mailto:abrashkevych.iud@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0001-8396-7812>

<sup>2</sup>[marchenko.aa@knuba.edu.ua](mailto:marchenko.aa@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2136-6071>

Отримано 10.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0203>

### ВСТУП

Абразивні армовані круги у поєднанні з використанням ручних та стаціонарних шліфувальних машин масово застосовують при виконанні будівельно-монтажних робіт та відносяться до найбільш розповсюджених із різновидів ручного інструменту. Вітчизняні та закордонні виробники абразивного інструменту пропонують продукцію для виконання відрізних, зачисних та шліфувальних операцій з різними конструктивними та фізико-механічними властивостями для обробки різноманітних матеріалів. Оптимальний вибір технологічних та технічних параметрів роботи машин, у поєднанні з правильним підбором потрібного абразивного робочого інструменту, дозволяє забезпечити зниження трудомісткості та підвищення продуктивності і якості робіт з досягненням необхідного ефекту [1...4].

Слід зауважити, що робота такими машинами нерідко здійснюється в незручній позі, ціною великих додаткових і необґрунтованих зусиль при високих швидкостях виконуваних операцій. Процес роботи ручними шліфувальними машинами (у тому числі, з абразивними армованими кругами) має ряд особливостей, до них відносяться: нестабільність подачі по величині та направленню; безперервна зміна у межах допустимої потужності приводу інтенсивності процесу роботи; обмеження зусиль, що виникають у місці контакту робочого інструменту (абразивного армованого круга) з робочим середовищем, як потужністю при-

воду, так і індивідуальними фізіологічними даними оператора.

Задача вдосконалення умов праці, підвищення ефективності використання машин для проведення будівельно-монтажних робіт і забезпечення безпечної діяльності оператора вимагає комплексної оцінки виробничого середовища операторів з урахуванням принципів ергономіки. За явної недостачі робочої сили при проведенні будівельно-монтажних та ремонтних робіт такої фактор підвищення продуктивності праці, як максимальне використання робочих ресурсів через створення зручних умов праці та залучення ергономічно обґрунтованого інструменту та режиму його роботи зараз вже не може не враховуватися.

Проведений авторами аналіз [5, 6] взаємодії у системі «оператор – машина – робоче середовище» при роботі кутовими шліфувальними машинами оснащеними відрізними та зачисними абразивними армованими робочими органами показує тісний взаємозв'язок між навантаженням на робочому органі та зусиллями які сприймає оператор машини, через значний вплив режимних параметрів роботи. Визначення навантаження на робочому органі, виходячи з технологічних умов є актуальною задачею, так як у процесі роботи абразивними армованими кругами крутний момент на шпинделі та обертання робочого органа створюється приводом машини, а всі інші функції – поздовжня та поперечна подачі, утримання машини та загальне управління – здійснюються оператором. При роботі з ручними шліфувальними машинами оператор може утримувати її у будь-якому поло-

женні та забезпечувати достатньо точно направлення подачі круга.

### МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження закономірностей та методи розрахунку навантаження абразивних армованих кругів при проведенні відрізних та зачисних операцій ручними кутовими шліфувальними машинами за умов зміни технологічних параметрів роботи.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Згідно [7] прийнято, що для розгляду навантаження відрізного або зачисного абразивного армованого круга (Рис. 1.) обумовлено, що режим його роботи – усталений; стан робочого середовища та його поверхні незмінний; сили, що діють на робочу поверхню, прикладені до площадок робочої поверхні круга, а не до окремих абразивних зерен; вплив стружки, що утворюється в

процесі різання, не враховується; траєкторія руху точки абразивного армованого круга – окружність, внаслідок малої величини співвідношення швидкості подачі до колової швидкості.

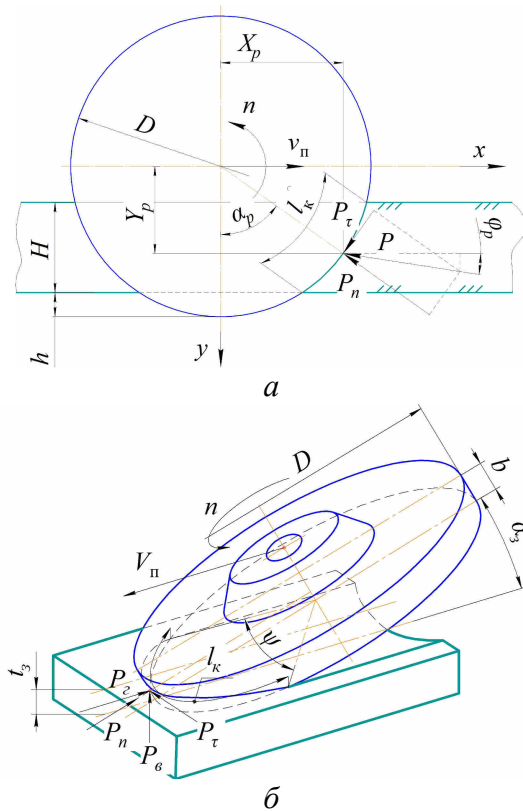
Слід зазначити, що при виконанні зачисних операцій схема роботи визначається специфікою об'єкта, що оброблюється. Наприклад, зачистку зварного шва краще проводити боковою поверхнею внаслідок того, що забезпечується максимальна величина довжини дуги контакту. Разом з тим слід також враховувати вплив теплових процесів, тобто співвідношення часу проходження кругом зон нагріву та охолодження. У роботі [8] встановлено, що сприятливий тепловий режим утворюється за умови:

$$\frac{2l}{D} \leq 0,2 \dots 0,3.$$

Аналіз отриманих залежностей показує, що зі збільшенням подачі та заглиблення круга збільшується як нормальна  $P_n$ , так і дотична (тангенціальна)  $P_\tau$  складові сил різання, тобто зі збільшенням продуктивності збільшується як потрібна потужність, так і зусилля оператора. У свою чергу збільшення колової швидкості круга призводить до зменшення величин  $P_n$  і  $P_\tau$ , ефективної потужності та питомого зносу. Основний вплив на величину потужності має швидкість подачі.

Відсутність впливу колової швидкості пояснюється тим, що тангенціальне зусилля на кругу зворотно пропорційне його колової швидкості. Зі збільшенням товщини стружки в процесі різання матеріалу, тобто зі збільшенням швидкості подачі робочого органу, нормальні і тангенціальні зусилля збільшуються. Проте відбувається зниження енергоємності обробки, за рахунок менш інтенсивного збільшення тангенціального зусилля порівняно з величиною збільшення швидкості подачі (що напряму характеризує продуктивність).

При цьому слід відзначити характер зміни величини зносу круга. За невеликих величин подачі круга сили, що діють на нього відносно малі. Разом з тим для ефектної роботи необхідний визначений контактний



**Рис. 1.** Схема навантаження абразивного армованого круга  
а – відрізного; б – зачисного

тиск. Якщо цей тиск внаслідок малої швидкості подачі буде недостатнім, то більша частина роботи буде витратитися на непродуктивне тертя, внаслідок чого збільшується питомий тиск. Зі збільшенням же величини подачі круга питомий знос зменшується до певного моменту, після якого відбувається передчасне руйнування круга. Певній величині подачі відповідає відповідна величина тиску на круг. Проте, при різному заглибленні круга цей тиск сприймається різною площею круга, тобто величина контакту з робочим середовищем змінюється. Чим більше величина заглиблення круга, тим більше площа контакту, та, відповідно, менший питомий тиск. Цим пояснюється, що зі збільшенням заглиблення круга його мінімальний питомий знос має місце при декілька більших величинах подачі.

Найбільший вплив на ефективну потужність приводу, величину зусилля притискання круга та питомий знос має величина заглиблення круга. Збільшення заглиблення з 4 до 8 мм при подачах в діапазоні 3...13 мм/с викликає збільшення ефективної потужності та величини  $P_n$  у 1,6...2,2 рази. При заглибленні до 12 мм це збільшення ще більше: для ефективної потужності до 3,5 раз, для  $P_n$  – до 2,5 раз.

Збільшення величини колової швидкості з 40 до 80 м/с призводить до зменшення ефективної потужності в 1,2 рази, нормальної складової сили різання – в 1,8 рази, та зменшує величину питомого зносу.

Зменшення зусиль на крузі з підвищенням колової швидкості, при інших рівних умовах, пояснюється тим, що кожне зерно круга за один оберт здійснює меншу роботу, так як воно заглиблюється у робоче середовище на величину у стільки раз меншу, у скільки збільшується колова швидкість. За цією ж причиною збільшується питома зносостійкість круга. Це дозволяє зробити висновок, що підвищення колової швидкості круга, яке можливе за рахунок використання абразивних армованих кругів, доцільне як у відношенні до продуктивності, так і загалом економічності операцій у цілому (продуктивність збільшується, а пи-

томий знос зменшується). Збільшення колової швидкості дає можливість зменшити величину необхідного від оператора зусилля при виконанні операцій з ручними та переносними машинами з абразивними армованими кругами.

Експериментальні дослідження, проведені на спеціальному лабораторному стенді кафедри будівельних машин КНУБА, показали, що при фіксованому напрямку подачі основний вплив на роботу ручних машин надають наступні технологічні параметри: режими роботи (заглиблення круга; подача та колова швидкість, а також для режиму роботи зачисним абразивним армованим кругом – величина сили притискання та кут його нахилу круга до площадки обробки) та точність встановлення круга. Досліди підтвердили якісний характер впливу цих параметрів отриманих у ході аналітичних досліджень.

Найбільший вплив на ефективну потужність приводу і відповідно зусилля на рукоятках машини, а також знос круга надає величина його заглиблення (довжина лінії контакту з робочим середовищем). Збільшення заглиблення круга з 4 до 8 мм при подачі у діапазоні  $3...13 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$  викликає збільшення ефективної потужності різання в 1,5...2,2 рази та відповідно пропорційно ростуть зусилля на рукоятках.

Збільшення номінальної колової швидкості круга з 40 до 80 м/с, як у режимі різання так і зачистки, дозволяє за однакової продуктивності зменшити ефективну потужність приводу і відповідно зусилля на рукоятках машини у середньому в 1,2 рази, при цьому зусилля притискання зменшується, також це сприяє зменшенню зносу круга.

При збільшенні подачі круга пропорційно збільшуються як нормальна складова сили різання, так і тангенціальна, тобто зі збільшенням продуктивності збільшується як необхідна потужність, так і зусилля на руки оператора.

При виконанні зачисних операцій великий вплив має величина притискного зусилля та кута нахилу круга до обробної поверхні. Так зі збільшенням зусилля притискання круга до поверхні обробки з 10 до

50 Н зусилля на кругу збільшуються в 1,6 рази, а до 110 Н – в 1,8 рази. При збільшенні кута нахилу круга до обробної поверхні відбувається зниження складових сил різання, що пояснюється зменшенням контактної поверхні зачисного круга з робочим середовищем.

### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведені дослідження дозволили встановити чисельні значення зусиль на відрізаному та зачисному армованому абразивному кругу, що дозволяє виявити вплив режимів роботи на навантаження робочого органу та в подальшому на реактивні зусилля на руки оператора. Таким чином, результатом роботи є отримання основних залежностей для визначення величини навантаження при роботі відрізних та зачисних абразивних армованих кругів з урахуванням особливостей та умов їх роботи. Виведені співвідношення дозволяють більш детально досліджувати процеси розробки робочих середовищ, механізм зносу інструменту, його міцнісних параметрів та теплофізичних процесів, а також обґрунтовано підійти до вибору та проектування відрізних кругів та їх приводів.

**Ключові слова.** Абразивне різання, навантаження, абразивний армований круг, шліфувальна машина.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Рашківський В.П. (2016) Обладнання для монтажних робіт: підруч. К, КНУБА, 232.
2. Курносов А.П. (2000) Абразивные инструменты и шлифование. Челябинск, Абразивы Урала, 96.
3. Märt Reinvee, Sander Aia, Mati Pääsuke (2019) Ergonomic benefits of an angle grinder with rotatable main handle in a cutting task. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, Vol.61 (7), 1112-1124.
4. Марченко О. А. (2019) Продуктивність ручних машин під час роботи з абразивними армованими кругами. Промислове будівництво та інженерні споруди, Вип.4, 33-37.
5. Абрашкевич Ю. Д., Мачишин Г. М., Марченко О. А. (2019) Силовий аналіз параметрів ручних машин під час роботи з відрізними абразивними армованими кругами. Промислове будівництво та інженерні споруди, Вип.2, 38-47.
6. Абрашкевич Ю. Д., Мачишин Г. М., Марченко О. А. (2018) Силовий аналіз ручних кутових шліфувальних машин при роботі з зачисними абразивними кругами. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, Вип.92, 38-48.
7. Абрашкевич Ю. Д., Мачишин Г. М., Марченко О. А. (2019) Навантаження при різанні абразивним армованим кругом. Промислове будівництво та інженерні споруди, Вип.3, 36-40.
8. Маслов Е.Н. (1974) Теория шлифования материалов. М., Машиностроение, 320.