

УДК 621.923.4:621.793.74

DOI 10.36910/6775-2313-5352-2021-19-24

А.В. Беспалова¹, О.А.Файзуліна¹, О.І. Книш¹, О.П.Дашковська¹, Т.В. Чумаченко²

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Одеський національний університет «Одеська політехніка»

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ МІКРОСТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ РОЗРІЗАННІ КАМЕНІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

Розрізання каменю для будівельних робіт здійснюється дисковими алмазними кругами швидкість обертання, яких, а, отже, і швидкість різання складає 35-50 м/с. Зважаючи на високу інтенсивність процесу різання і інтенсивного мікростружкоутворення, процес розрізання каменю супроводжується значним пилоутворенням, що може бути як шкідливим, так і небезпечним фактором при роботі.

Швидкість седиментації частинок значно залежить від форми: чим вище сферичність, тим вище швидкість седиментації. Однакову швидкість осідання мають частинки, отримані при розрізанні базальту і бетону. Значно вища швидкість осідання пилу з граніту. Розміри стружок при розрізанні знаходяться в діапазоні 0,4...6 мкм. Визначено концентрацію пилу у робочому просторі у розмірі $4,8 \cdot 10^8$ шт/м³. Доведено, що при виконанні робіт на висоті близько 2 м (200 см) за час робочого циклу (приблизно 3 хв) пил залишиться на висоті близько 1,5 м, тобто практично в робочій зоні.

Ключові слова: *Розрізання каменю, мікростружкоутворення, зернистість відрізного круга, швидкість осідання мікрочастинок, концентрація пилу.*

Постановка проблеми. Розрізання каменю для будівельних робіт здійснюється дисковими алмазними кругами швидкість обертання, яких, а, отже, і швидкість різання складає 35-50 м/с. Зважаючи на високу інтенсивність процесу різання і інтенсивного мікростружкоутворення, процес розрізання каменю супроводжується значним пилоутворенням, що може бути як шкідливим, так і небезпечним фактором при роботі.

Найбільшу небезпеку становлять частки стружки, розміри яких становлять 5 мкм і менше. Ці частинки мають найбільший патогенний вплив на дихальну систему людського організму. Крім того, час осідання цих частинок вимірюється годинами. Таким чином, навіть після припинення роботи небезпека впливу пилу на людський організм зберігається. Незначний час вдихання цих частинок може привести людину до інвалідності та смерті.

Механізм утворення пилу визначає її дисперсний склад, тобто розмір пилинок. Структура пилу, тобто форма пилинок, залежить і від природи і від механізму утворення пилу. За структурою пил може бути аморфним (порошинки круглої форми), кристалічним (порошинки з гострими гранями), волокнистим (порошинки подовженої форми), пластинчастим (порошинки у вигляді шаруватих пластинок) та ін.

При подрібненні твердої речовини частинки, що утворюються, отримують ту чи іншу кількість електрики внаслідок часткового переходу механічної енергії в електричну, крім того, пилинки отримують електричний заряд, адсорбуючи на собі іони з повітряного середовища. Таким чином, пил, що знаходиться в повітрі, в тій чи іншій мірі несе на собі електричний заряд. Ступінь електрзарядженості робить істотний вплив на поведінку пилу в повітрі. Електрзаряджені частинки з протилежним знаком з'єднуються між собою, утворюючи більші частки, за рахунок чого швидше осідають; частинки з однаковим зарядом, навпаки, відштовхуються один від одного, що підсилює їх рух в повітрі і уповільнює осадження. Дослідження показують, що високодисперсний пил більшою мірою схильний до електричних розрядів. Електрзарядженості сприяє також нагрівання пилу. Підвищена вологість повітря або самого пилу знижує її електрзарядженість.

Високодисперсний пил внаслідок електрзарядженості має активну поверхню, тому на ньому адсорбуються гази та інші дрібні частинки, що знаходяться в повітрі. Чим менше пилові частинки, тим більше їх активність. Гази, огортаючи пилову частинку, сприяють довшому витанні її в повітрі, тобто адсорбція на пилових частинках газів уповільнює осадження пилу.

При значній запиленості повітря високодисперсним пилом електричні заряди пилових частинок підсумовуються і, досягнувши певного потенціалу, утворюють електричні розряди – вибухи.

Найчастіше такі вибухи пилу виникають при наявності вогню або сильно нагрітого предмету в надмірно запиленій атмосфері, так як при підвищенні температури різко збільшується зарядженість пилових частинок, швидше і з більшою силою відбувається електричний розряд.

Аналіз літературних даних. У роботах, присвячених розрізанню каменю, практично не розглядається питання генерації мікростружки. В основному розглядаються питання займання пилу, поширення полум'я в пиловій хмарі, довговічність інструментів при розрізанні і інші питання.

Так в роботах [1] розглядаються питання займання пилу. Це важливе питання для забезпечення безпеки робіт, але не розглядається механізм генерації пилу.

В роботі [2] розглядаються питання зносу сегментів алмазних пилок при розрізанні граніту і мармуру. Питання генерації пилу не розглядаються.

У дослідженнях [3, 4] вплив умов різання на силу різання і енергію різання пов'язано з формою ідеалізованої товщини стружки. Ці ефекти також пов'язані зі зносом алмазного інструменту. Емпіричні моделі, розроблені в цій статті, можуть бути використані для прогнозування зміни енергії різання.

В роботі [5] розглядається вплив сили різання, отриманої в випробуваннях з одним гострим твердосплавним ріжучим інструментом і шліфувальним алмазним інструментом. Модель може застосовуватися для імітації сил різання сегментів. Питання мікростружкоутворення не розглядаються.

У роботі [6] також розглядаються теоретичні та експериментальні питання зносу металевих алмазних інструментів при різанні каменю. Питання генерації пилу не розглядалися.

У роботі [7] процес утворення і видалення стружки був визначений кількісно з метою допомогти як виробнику інструменту, так і працівнику в оптимізації складу інструменту і параметрів процесу різання, як стандартних виробів, таких як плитка, плити, бордюри, так і дизайнерських форм. Питання важливе для забезпечення безпечних умов праці, однак процес мікростружкоутворення не розглянутий.

У роботах [8] розглядалися принципи абразивної обробки каменю за допомогою алмазного млину. Питання важливе з точки зору енергоспоживання, однак механізм мікростружкоутворення не розглянутий.

В роботах [9, 10] досліджується процес розрізання натурального каменю в кар'єрах обладнанням з ланцюговими пилами, оснащеними алмазними зубами. Питання мікростружкоутворення при розрізанні не розглядається.

В роботі [11] досліджується процес поширення полум'я в пиловому середовищі. Незважаючи на важливість питання для охорони праці та пожежної безпеки, питання мікростружкоутворення в цій роботі не розглядається.

В роботі [12] досліджується питання видалення пилових дисперсій з кар'єрів природного каменю. Питання важливе для забезпечення безпечних умов праці, однак процес мікростружкоутворення не розглянутий.

Так, роботах [13] є математичні моделі осідання пилу, які враховують різні сили, які діють на порошок під час її витанні в повітрі. Однак розрахунки відносяться до пилу, що викидається з димових труб значної висоти 40 ... 50 м. Таким чином, мова йде скоріше про частки сажі. Не враховується форма частинок, відомо, що основна форма частинок – пластівчаста. Не розглядається також мінеральний склад пилу і залежність швидкості седиментації від цього складу.

В роботі [14] є математичні моделі седиментації пилу в виробничих цехах будівельних підприємств, проте без джерел генерації пилу. Висота, з якої осідає пил, конкретно не вказана, проте автори розглядають форму частинок, хоча основні розрахунки проводяться для пилок сферичної форми. Розглянуто один вид матеріалу – мінеральна вата. Патогенні властивості цього виду пилу дуже високі, проте пил іншого мінерального складу було проігноровано.

Так, роботі [15] є математичні моделі осідання пилу, які враховують різні сили, які діють на порошок під час її витанні в повітрі. Однак розрахунки відносяться до пилу, що викидається з димових труб значної висоти 40 ... 50 м. Таким чином, мова йде скоріше про частки сажі. Не враховується форма частинок, відомо, що основна форма частинок – пластівчаста. Не розглядається також мінеральний склад пилу і залежність швидкості седиментації від цього складу.

Оскільки технологічний процес розрізання кам'яних будівельних матеріалів є широко поширеним, необхідно ретельне дослідження цього процесу з метою підвищення його ефективності та безпеки.

Аналітичні дослідження. Схема утворення стружки, виходячи з форми абразивного ріжучого зерна, наведена на рис. 1.

Для визначення товщини стружки ріжучим зерном необхідно знати наступне:

– радіус заокруглення вершини зерна (залежить від номера зернистості круга),
– фактичну відстань між ріжучими зернами (в роботі різання беруть участь тільки 10 ... 12% зерен [16]).

- питому кількість ріжучих зерен в одиниці поверхні круга z_{ϕ} ,
- середню відстань між ріжучими зернами l_{ϕ} ,
- середню товщину зрізу кожним зерном h .

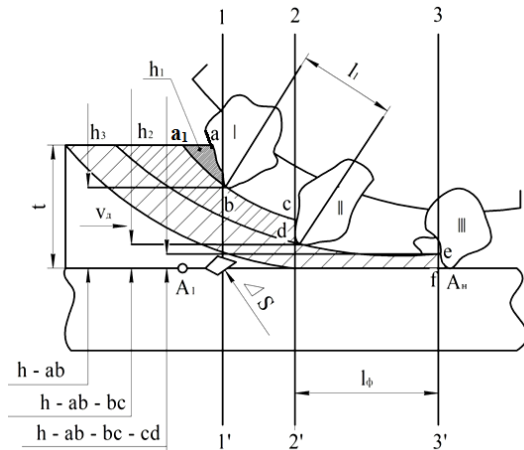


Рис. 1. Схема утворення стружки (пилинки) при різанні каменю:
а₁ - траєкторії руху ріжучих зерен; h₁, h₂, h₃ - товщини стружок, l_φ - фактична відстань між ріжучими зернами, t - глибина різання при шліфуванні

Ці величини визначалися за методикою, яка пов'язана з використанням мікротермопар діаметром електрода 10 ... 20 мкм [17].

Знаючи швидкість розгортки запам'ятовуючого осцилографа, можна визначити кількість ріжучих зерен в дузі контакту круга з каменем, який розрізається, відстань між ріжучими зернами, а також середню товщину стружки, що зрізається кожним зерном.

Товщина стружки при розрізанні, може бути прийнята за даними джерел [17] оскільки в наших дослідженнях вони практично підтверджуються. Ця величина може бути описана виразом

$$h = \frac{20 \cdot t \cdot v_d \cdot l_{\phi p}}{v_{kp} \cdot \sqrt{D \cdot t}}, \quad (1)$$

де v_d – хвилинна подача; v_{kp} – швидкість обертання круга; t – подача на оборот круга; $l_{\phi p}$ – фактична відстань між ріжучими зернами в крузі; D – діаметр круга.

Кількість стружок (порошинок), що утворюються в 1 с, очевидно, складе

$$n_{y\partial} = v_{kp} \cdot S \cdot z, \quad (2)$$

де $n_{y\partial}$ – кількість стружок (порошинок), які утворюються за 1 с; z – питома кількість ріжучих зерен в одиниці поверхні шліфувального круга, дорівнює за результатами наших вимірів

$$z = \frac{0.7}{L_{\phi}^2 \cdot R_z^{0.25}} \quad (3)$$

$$L_{\phi} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot Nz^{0.65} N_{ctr}^{0.083} \quad (4)$$

$$R_z = 10^{-6} \cdot Nz^{0.85} \cdot K_z \quad (5)$$

де Nz – номер зернистості круга, приведений до зернистості абразивних кругів; N_{ctr} – номер структури круга; S – ширина ріжучого круга; L_{ϕ} – фактична відстань між ріжучими зернами; R_z – умовний радіус заокруглення вершини ріжучого зерну; k_z – коефіцієнт матеріалу зерна рівний 1 для електрокорунду, 0,8 для кубічного нітриду бору (КНБ) і 0,7 для синтетичного алмазу.

Питома кількість пилинок, що утворюються при розрізанні представлена на рис. 2 [18].

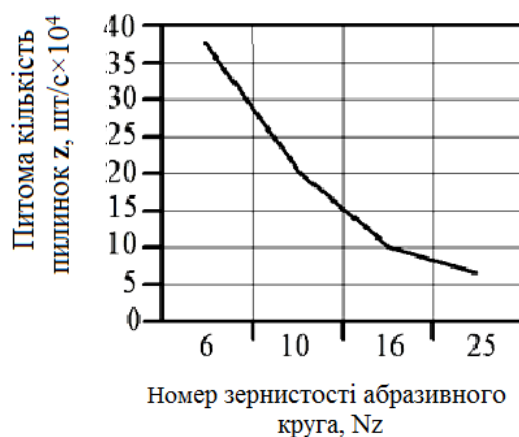


Рис. 2. Питома кількість пилюнок при розрізанні.

Хвилинна концентрація пилу при різанні каменя, (при розміру робочої зони $0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \text{ м} = 0,125 \text{ м}^3$) може бути в межах $1,68 \cdot 10^8 \dots 0,28 \cdot 10^8 \text{ шт/м}^3$.

На розмір часток мікростружки найбільший вплив має швидкість обертання круга $v_{кр}$ і подача на обертання круга t . Аналіз формули (1) показує, що розмір частинок обернено пропорційний швидкості круга, тобто при збільшенні швидкості круга їх розмір знижується. Що стосується подачі на оборот круга, то розмір частинки прямо пропорційний $t^{0,5}$. Таким чином, оскільки зі швидкостями менше 35 м/с розрізання не виконується, то можна очікувати зменшення розміру пилюнок при переході до швидкісного розрізання зі швидкостями близько 50 м/с. Таким чином, діапазон розмірів, показаний на рис. 3.7 зміниться. Діапазон 0,5 ... 3,5 мкм перетвориться в діапазон 0,35...2,1 мкм.

Що стосується подачі на обертання круга, то при розрізанні "в суху" величини більше 0,03 мм/об практично не використовують. Тобто, при використанні цієї величини можна отримати діапазон розмірів 0,86 ... 6 мкм.

Умовно розміри абразивних зерен в діапазоні розмірів, які наведені в стандартах можна розбити на 3 фракції – середню, дрібну і крупну. Це означає, що при одному номері зернистості в крузі є зерна різних розмірів. Відповідно, більші зерна більше виступають зі зв'язки, і значить, знімають більшу стружку, ніж дрібні. З великою ймовірністю можна стверджувати, що розміри стружок (порошинок) також будуть підкорятися цьому закону.

Таким чином, при шліфуванні утворюються саме такі розміри частинок стружки, які володіють найбільшим патогенним впливом на організм людини.

Для більш точного визначення розміру частинок необхідно врахувати імовірнісний розподіл розмірів абразивних зерен, з яких складається круг [18]. Розподіл обсягів зерен підпорядковується закону нормального розподілу.

Зазвичай розмір основної фракції становить 45%, тоді дрібна і крупна фракція становлять по 27,5%. Розміри крупної і дрібної фракцій відрізняються від середньої величини на 11,5%. Якщо ці закономірності застосувати до порошинок, то отримаємо такі значення (табл. 1).

Таблиця 1 Розміри фракцій мікростружки, що утворюються при розрізанні, мкм

$v_d \text{ м/с}$ Nz	0,083	0,166	0,249	0,332
6	0,4; 0,45; 0,5	0,448; 0,50; 0,56	0,58; 0,65; 0,724	0,81; 0,9; 1,0
10	0,67; 0,75; 0,84	0,89; 1,0; 1,15	1,25; 1,4; 1,56	1,52; 1,7; 1,9
16	0,98; 1,1; 1,22	1,34; 1,5; 1,67	1,88; 2,1; 2,34	2,06; 2,3; 2,56
25	1,34; 1,5; 1,67	1,79; 2,0; 2,23	2,33; 2,6; 2,9	3,22; 3,6; 4,0

Як видно з табл. 1, розміри стружки будуть такими, які мають найбільшою патогенною дією на людину, і швидкість осідання їх в повітрі складе кілька годин [19].

Дослідження закономірностей зміни концентрації стружки.

Концентрація стружки в робочому просторі не може бути охарактеризована тільки хвилинною концентрацією. Процес розрізання тривалий, зазвичай, кілька хвилин. Якщо

розділити стружку на хвилинні порції, то очевидно, що після того, як надійшла перша порція, вона деякий час частково знаходиться в повітрі. Під час її перебування в повітрі в робочий простір надходить друга порція, а потім третя і т.д. Таким чином, чим більш тривалий час осідання стружки, тим буде вище її концентрація в робочому просторі.

Час осідання стружки залежить від багатьох факторів – висота, на якій відбувається розрізання (при прорізуванні віконних прорізів ця висота може бути близько трьох метрів), розмір частинок, форма, стан навколишнього середовища, матеріал частинок.

Слід зазначити, що при розрізанні металевих предметів відділення стружки-пилу відбувається в результаті пластично-зсувної деформації [19]. У цьому випадку форма стружки-порошинки наближається до форми “коми”, що можна врахувати в практичних розрахунках. Однак, при розрізанні крихкого матеріалу, з якого виготовлені кам’яні будівельні конструкції, утворення стружки-порошинки відбувається в результаті крихкого руйнування, при якому її форма довільна, що природно позначається на швидкості її осідання (седиментації).

Будівельні конструкції можуть складатися з різномірних матеріалів – різної щільності і твердості. Частинок різного хімічного складу, навіть при однакових розмірах і формі матимуть різну швидкість седиментації, а, отже, будуть осідати за різний час.

Неважко побачити, що при розрізанні стружка з-під круга вилітає буквально струменем по дотичній до круга. Напрямок може бути довільним в залежності від позиції, в якій виконується робота, в тому числі буде підніматися і вгору, що буде додавати висоту викиду пилової хмари.

Крім того, необхідно враховувати стан навколишнього середовища – температуру і вологість, що буде впливати на щільність цього середовища і на сили Архімеда, які діють на частинку.

Всі ці фактори повинні бути враховані, як в теоретичних розрахунках, так і в експериментах, якщо останні будуть виконуватися.

Концентрація дисперсних частинок також є однією з найважливіших характеристик, від якої залежить поведінка дисперсної системи в різних фізико-хімічних процесах.

В кожний момент часу $\Delta t = 1$ с. в робочу зону надходить $4.6 \cdot 10^5 \dots 2.8 \cdot 10^6$ частинок різного діаметра [19]. При розрахунках отримано, що хвилинна концентрація стружки при різанні каменю (при розмірах робочої зони $0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5$ м = $0,125$ м³) знаходиться в межах $0,28 \cdot 10^8 \dots 1.68 \cdot 10^8$ шт./м³, тобто за час розрізання 3 хв. отримаємо концентрацію $0,84 \cdot 10^8 \dots 4,8 \cdot 10^8$ шт./м³. Діапазон розмірів стружки складає 0,35–6 мкм.

Результати розрахунків показують, що швидкість седиментації частинок значно залежить від форми: чим вище сферичність, тим вище швидкість седиментації.

Очевидно, частки неправильної форми відчувають сильніший опір середовища і великі архімедові сили, які в деякій мірі, компенсують силу тяжіння, під дією якої відбувається “падіння” частинки стружки. Температурний стан навколишнього середовища мало впливає на швидкість осідання, у всякому разі в прийнятному діапазоні температур, при яких може відбуватися робота. Це можна пояснити незначною зміною щільності повітря, в результаті чого сила опору середовища і архімедова сила змінюються незначно.

Швидкість осідання мікрочастинок, які генеруються при розрізанні найбільш поширених будівельних кам’яних матеріалів, також різниться незначно. Так, практично однакову швидкість осідання мають частинки стружки, отримані при розрізанні базальту і бетону. Значно вища швидкість осідання частинки з граніту. Це пояснюється тим, що структура цих матеріалів крихка, в результаті чого частинки мають схожу форму, і на швидкість осідання впливає тільки щільність, яка відрізняється незначно. Що стосується частинок стружки при розрізанні сталевих арматур, то тут явно видно вплив більш високої щільності сталі. Крім того, стружка, утворена в результаті пластичної деформації, найімовірніше має більш “обтічну” форму і відчуває менший опір повітря. Ця обставина потребує додаткового дослідження.

Швидкість осідання частинок згенерованого пилу, з огляду на реальну форму, при деформації сколювання ($\lambda = 5 \dots 7$), становить для частинок розміром 6 мкм, приблизно 600 ... 700 см/год або 10 ... 11 см/хв. Це означає, що при виконанні робіт на висоті близько 2 м (200 см) за час робочого циклу (приблизно 3 хв) пил залишиться на висоті близько 1,5 м, тобто практично залишиться в робочій зоні. Це дає підставу стверджувати про високу концентрацію стружки-пилу (як зазначено, близько $4,8 \cdot 10^8$ шт./м³). Слід зазначити, що в розрахунок бралися частинки розміром 4 ... 6 мкм. З урахуванням часток менших розмірів ця концентрація буде трохи вища.

Перевагою аналітичного дослідження можна вважати те, що математичні моделі дають можливість оцінювати генерацію мікростружки при розрізанні різних матеріалів, наприклад, керамічної плитки з оксидів алюмінію і цирконію.

Висновки. Час осідання пилової суспензії залежно від матеріалу і розміру частинок знаходиться в межах від декількох хвилин до декількох годин, що може створювати великі концентрації пилу в робочому просторі під час роботи в межах $1,68 \cdot 10^8 \dots 0,28 \cdot 10^8$ шт/м³. Розміри стружок при розрізанні знаходяться в діапазоні 0,4...6 мкм. Розміри частинок знаходяться в діапазоні найбільшого патогенного впливу на людину.

Знання закономірностей утворення мікростружки, включаючи розміри частинок, концентрацію, хімічний склад і швидкість осідання, дає можливість знизити забруднення повітря застосуванням пиловидалення шляхом зволоження робочої зони охолоджуючим середовищем, зміни технологічного режиму роботи відрізних дисків, знизити концентрацію крупно дисперсного пилу за допомогою промислових пилососів.

Література

1. Shidlovskiy A.A. Fundamentals of pyrotechnics. Mechanical Engineering, Moscow, 2012. P. 145-155.
2. Qin Sun, Jinsheng Zhang, Zhi Wang, Heng Zhang, Jinyan Fang. Segment wear characteristics of diamond frame saw when cutting different granite types. *Diamond and Related Materials*, 2016. Vol. 68. P. 143-151.
3. Asche J., Tönshoff H. K., Friemuth T., Cutting Principles, wear and applications of diamond tools in the stone and civil engineering industry. *Proceedings of Diamond Tools Conference*. 1999. P. 151-157
4. Jerro H. D., Pang S. S., Yang C., Mirshams R. A. Kinematics analysis of the chipping process using the circular diamond saw blade. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*. 1999. Vol. 121(2). P. 257-264.
5. Wang C. Y., Clausen R. Marble cutting with single point cutting tool and diamond segments. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2002. Vol. 42, № 9, P. 1045-1054.
6. Ersoy A., Buyuksagic S., Atici U. Wear characteristics of circular diamond saws in the cutting of different hard abrasive rocks. *Wear*. 2005. Vol. 258, № 9, P. 1422-1436.
7. Turchetta S. Cutting force in stone machining by diamond disk *Advances in Materials Science and Engineering*. 2010. <https://www.hindawi.com/journals/amse/2010/631437/>. (дата звернення 15.03.21)
8. Polini W, Turchetta S. Force and specific energy in stone cutting by diamond mill. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2004. Vol. 44. P. 1189-1196.
9. Zhang H., Zhang J., Chen M., An Q. The effect of operational parameters on diamond tools of frame sawing system: Wear characteristics and optimization in stone processing. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, November 2019. Vol. 84.
10. Russell A. Ogle. Confined unsteady dust flame propagation. *Dust Explosion Dynamics*, 1st Edition. Butterworth-Heinemann, 2016. 686 p.
11. Sairanen M., Rinne M., Selonen O.. A review of dust emission dispersions in rock aggregate and natural stone quarries. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 2017. P. 1-25.
12. Yurdakul M. The effect of cutting parameters on the performance of the multi-disc block cutter. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2015. Vol. 76. P. 104-111.
13. Azarov V.N., Bessarab O.I., Kabaev O.V. (2010). Theoretical studies of the sedimentation rate of fine dust in the air of working rooms of engineering and construction industry enterprises. *Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного ун-та*. Волгоград, 2010. № 17(36). С. 102-105.
14. Михайловская, Ю. С., Маринин Н.А. Об оценке дисперсного состава пыли на предприятиях, использующих цемент. *Проблемы охраны производственной и окружающей среды: материалы междунар. науч.-техн. конф.*, Волгоград, 2013. № 5. С. 69-72.
15. Азаров, В.Н. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM10 и PM2,5) в воздушной среде. *Вестник ВолгГАСУ. Сер. Стр-во и архитектура*. Волгоград, 2011. №25(44). С. 402-407.

16. Аль-Аджейлат С.А., Чумаченко Т.В., Лебедев В.Г. Фактическое расстояние между режущими зернами и удельное число режущих зерен в единице поверхности эльборового круга, радиусы закругления зерен из КНБ и средняя величина стружки, снимаемая режущим зерном. *Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: материалы науч.-техн. конф.* г. Одесса – Киев, 9-10 сентября 2010 г, Одесса – Киев, 2010. С. 6-8.

17. Аль-Аджейлат С.А., Лебедев В.Г., Усов А.В. Аналитическое определение сил и температур резания единичным эльборовым зерном. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка.* Харків, 2009. № 81. С. 263-270.

18. Bepalova A., Lebedev V. Investigation of the formation process of hazardous and harmful production factors when cutting a stone for construction works. *Physics and Engineering EUREKA.* 2017. No 5. P. 30-38.

19. Беспалова А.В. Методика исследования пылеобразования в процессах резки каменных материалов. *Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури.* Одеса, 2019. № 75. С. 132-139.

А.В. Беспалова, О.А.Файзулина, А.И. Книш, О.П.Дашковская, Т.В. Чумаченко
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Одесский национальный университет «Одесская политехника»

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ МИКРОСТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАЗРЕЗАНИИ КАМНЕЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Разрезание камня для строительных работ осуществляется дисковыми алмазными кругами скорость вращения, которых, следовательно, и скорость резки составляет 35-50 м/с. Ввиду высокой интенсивности процесса резания и интенсивного микростружкообразования процесс разрезания камня сопровождается значительным пылеобразованием, что может быть как вредным, так и опасным фактором при работе.

Скорость седиментации частиц существенно зависит от формы: чем выше сферичность, тем выше скорость седиментации. Одинаковую скорость оседания имеют частицы, полученные при разрезании базальта и бетона. Значительно выше скорость оседания пыли из гранита. Размеры стружек при разрезании находятся в диапазоне 0,4...6 мкм. Определена концентрация пыли в рабочем пространстве в размере $4,8 \cdot 10^8$ шт/м³. Доказано, что при выполнении работ на высоте около 2 м (200 см) за время рабочего цикла (около 3 мин) пыль останется на высоте около 1,5 м, то есть практически в рабочей зоне.

Ключевые слова: *Разрезание камня, микростружкообразование, зернистость отрезного круга, скорость оседания микрочастиц, концентрация пыли.*

A.V. Bepalova, O.A. Faizulyna, A.I. Knuish, O.P. Dashkovskaya, Chumachenko T.V.
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
Odessa National University "Odessa Polytechnic"

ANALYTICAL RESEARCH OF THE REGULARITIES OF MICRO-CHIP FORMATION WHEN CUTTING STONES FOR CONSTRUCTION WORKS

Cutting stone for construction work is carried out by disc diamond wheels, the rotation speed, which, therefore, the cutting speed is 35-50 m / s. Due to the high intensity of the cutting process and intense microchip formation, the process of cutting the stone is accompanied by significant dust formation, which can be both harmful and dangerous during work.

The sedimentation rate of particles depends significantly on the shape: the higher the sphericity, the higher the sedimentation rate. The particles obtained by cutting basalt and concrete have the same settling rate. The settling rate of dust from granite is much higher. The size of the chips when cutting is in the range of 0.4...6 microns. The concentration of dust in the working space was determined in the amount of $4,8 \cdot 10^8$ pcs/m³. It has been proven that when working at a height of about 2 m (200 cm) during the working cycle (about 3 minutes), dust will remain at a height of about 1.5 m, that is, practically in the working area.

Key words: *Stone cutting, micro-chip formation, granularity of the cutting wheel, sedimentation rate of microparticles, dust concentration.*