

Тема 4. Фрезерування природного каменю

4.1. Фізична суть процесу фрезерування каменю

У фрезеруванні каменю розрізняють технологічні процеси окантовування, власне фрезерування і окантовування заготовок.

При обробці каменю периферійним інструментом (окантовування алмазними відрізними колами, власне фрезерування алмазними циліндричними фрезами, профілювання алмазними і абразивними профільними колами) відбувається механічний процес спрямованого руйнування каменю за рахунок масового царапання оброблюваної поверхні зернами алмазу або абразиву, які хаотично виступають із зв'язки інструмента.

Характерними ознаками цих процесів, які відрізняють їх від інших, наприклад від різання каменю твердосплавним інструментом, є:

- хаотичне розташування великої кількості зерен (різців) на робочій поверхні інструмента, переривчаста ріжуча крайка інструмента, різновисотність зерен і їх різноманітна геометрична форма, особливі властивості абразивних зерен (висока твердість, термостійкість, гострота, крихкість, здатність руйнуватися по площинах спайності та ін.);

- високі колові швидкості мікрорізання і мала глибина різання (царапання) кожним робочим зерном, що забезпечує миттєве зняття великої кількості стружки в одиницю часу;

- динамічний характер впливу кожного зерна на оброблювану поверхню.

Кожне працююче зерно працює аналогічно різцю і, переміщаючись в результаті рухів обертання і подачі, прокреслює по поверхні каменю подряпину-борозну, глибина якої залежить від розміру зерна, режимів обробки і фізико-механічних властивостей каменю.

При взаємодії робочої поверхні інструмента з каменем у контакт із останнім одночасно вступає значна кількість ріжучих зерен, сумарний вплив яких на оброблювану поверхню забезпечує зняття шару каменю.

Важливе значення при обробці каменю алмазним і абразивним інструментом має використання охолоджуючої рідини (води), функції якої полягають у видаленні продуктів руйнування каменю із зони обробки, стабільному і швидкому відведенні тепла, зниженні коефіцієнта тертя і сил зовнішнього тертя, поліпшенні умов диспергування каменю та адсорбційному зниженні міцності оброблюваної поверхні.

Природний камінь, залежно від його фізико-механічних властивостей, і зокрема міцності, чинить різний опір проникненню в

нього інструмента в процесі обробки. Для операцій окантовування і фрезерування каменю найбільш прийнятна класифікація каменю по **пилимості**. В основу цієї класифікації покладені значення технологічної продуктивності різання зразків алмазним відрізним колом (при постійному значенні потужності). Усі розглянуті види каменю розбиті на дев'ять груп по пилимості, у якості основного класифікаційного показника прийнятий коефіцієнт оброблюваності (пилимості), який являє собою відношення технологічної продуктивності, що досягається на еталонному камені, до такого ж параметра для каменів розглянутої групи.

4.2. Технологічні процеси окантовування каменю

4.2.1. Загальні відомості

Окантовування – це процес розкрою плит-заготовок по заданих розмірах і формі (як правило, прямокутної), що включає обрізку крайок плит, і виконується за допомогою відрізних алмазних кіл.

Технологія окантовування визначається залежно від твердості оброблюваного каменю, що обумовлює принципові відмінності в технологічному процесі окантовування плит. Так, наприклад, плити з мармуру і подібних йому інших різновидів каменю окантовують до операцій шліфування-полірування, а плити із граніту й іншого міцного каменю – після них. Плити із мармуру подають, як правило, на верстат на піддонах пакетами і окантовують одночасно всі плити (5-8 шт.), у той час як гранітні плити окантовують поштучно. Технологія окантовування плит з низькоміцного каменю аналогічна технології окантовування плит із мармуру.

Окантовування плит-заготовок до шліфування-полірування більш економічне, оскільки сприяє зниженню браку дорогого шліфованого і полірованого каменю. Однак для гранітних плит такий порядок чергування суміжних процесів обробки в більшості випадків неприйнятний, оскільки спричиняє відколи гострих крайок і завалювання кутів плити через підвищений тиск на неї шліфувального інструмента.

Найбільший об'єм окантовувальних робіт виконується на фрезерувально-окантовувальних мостових верстатах, які працюють із одним відрізним колом (моделі «СМР-015», «LL-30» і ін.) та на порталних, оснащених двома відрізними колами (моделі «СМР-014», «МП-600» і ін.). В окремих випадках, головним чином на потокових лініях, окантовування виконується на мостових багатодискових верстатах з незалежними ріжучими головками моделі 470, 475, СМР-038, СМР-039 і ін. Плити невеликих розмірів (площею до 1 м²)

окантовуюють на консольних малогабаритних верстатах моделі «СМР-012А», И-640, БКЗ-9 і ін.

4.2.2. *Послідовність операцій окантовування*

Плита-заготовка або пакет плит надходить до фрезерувальника на окантовування безпосередньо після розпилювання, якщо вона отримана з каменю середньої міцності або низькоміцного, або після шліфування-полірування, якщо вона отримана з міцного каменю.

У процес окантовування входять наступні основні операції: підготовка верстата до роботи, укладання плит-заготовок на стіл верстата, розмітка плит, виконання розкрою плит (поздовжнього і поперечного), знімання плит зі стола, збирання верстата. Розглянемо ці операції на прикладі виконання їх на мостових верстатах, які найбільш поширені на каменеобробних підприємствах.

Підготовка верстата до роботи складається з перевірки справності його шляхом огляду, а потім у роботі на холостому ході з обов'язковим випробуванням дії всіх кнопок «Пуск» і «Стоп». У процесі підготовки перевіряється взаємодія всіх вузлів кінематичної схеми, справність роботи електро- і гідросистеми, правильність обертання електродвигуна, наявність змащування в рухомих частинах верстата, поступання води для охолодження інструмента, робота механізмів переміщення шпіндельної головки і моста. Визначається також стан відрізного алмазного кола і правильність його установки на валу (см. § 34).

Слід мати на увазі, що при різанні міцного малоабразивного каменю відрізне коло затуплюється («засалюється») через поступове затуплення гострих граней алмазних зерен на його поверхні. Для відновлення ріжучої здатності алмазного кола його правлять шляхом розпилювання низькоміцного, але високоабразивного матеріалу, наприклад вулканічного туфу або цегли.

Стан ріжучої поверхні кола можна контролювати візуально і на дотик. Якщо розкриті зерна алмаза чітко видні на тлі зв'язки і добре відчуються на дотик, то ріжуча поверхня у задовільному стані й, навпаки, в інструмента, що засалився, робоча поверхня сприймається гладкою.

Плити-заготовки з каменю середньої і низької міцності укладають на стіл верстата пакетом на спеціальному дерев'яному піддоні. Для попередження зсуву пакета плит у процесі окантовування його кріплять на піддоні за допомогою дерев'яних клинів (планок), які забивають у пази піддона по контуру пакета. Плити-заготовки з

міцного каменю, які мають великі розміри, укладають на стіл верстата поштучно.

Після укладання плит на стіл фрезерувальник повинен їх *розмітити* згідно зі специфікацією і пам'ятати, що від правильності розмітки залежить економічність розкрою плит. Як правило, спочатку розмічається найбільша плита, а потім на площині, що залишилася, розмічають більш дрібні плити таким чином, щоб максимально використовувати площу плити-заготовки.

Для виконання *розкрою плит* необхідно включити насос масляної станції (на верстатах з гідроприводом), а потім електродвигун відрізного кола. Після цього, поперемінно включаючи приводи подачі моста і каретки з відрізним колом, підвести його до наміченої першої лінії різки, включити електродвигун обертання відрізного кола і подачу води.

Після такої підготовки виконується перший поздовжній різ, який при окантовуванні мармурових плит проводиться на всю товщину пакета, а при окантовуванні гранітних плит — на глибину не більш 40 мм. Якщо товщина гранітної плити-заготовки перевищує 40 мм, то різ виконують за кілька послідовних проходів відрізного кола зі зниженням його або з підйомом стола (залежно від конструкції верстата) за кожний прохід на 20-40 мм. Різи доцільно робити по подачі, тобто щоб коло набігало на камінь. Це забезпечує жорсткість системи (верстат-інструмент-деталь), тому що вертикальна складова зусилля різання в такому випадку спрямована вниз (до стола), сприяючи кращу фіксацію заготовки. Для забезпечення високої якості плит (запобігання відколів на крайках) взаємне розташування робочого інструмента і заготовки в процесі окантовування повинне бути таким, щоб виліт ріжучої поверхні кола над нижньою (тильною) поверхнею заготовки становила не менше 20-25 мм (см. мал. 74). При окантовуванні гранітних заготовок значної товщини зазначена вимога повинна дотримуватися при виконанні останнього проходу інструмента.

Для подальшого поздовжнього розкрою каретку з відрізним колом відводять назад, виводячи його із пропилу при збереженні обертання. Потім виключають привод обертання кола і подачу води, а при окантовуванні мармурових плит, крім того, перевіряють величину зсуву плит у пакеті відносно одна одної через їх осідання. Після цього знову включається привод відрізного кола, його охолодження і проводиться наступний поздовжній розкрій плити-заготовки згідно з попередньою розміткою. Виконавши останній поздовжній різ, фрезерувальник виводить коло із пропилу, виключає привод його

обертання, подачу води і повертає робочий стіл за допомогою рукоятки на 90 градусів, звільняючи його фіксатор, опускає стіл в установче гніздо і закріплює фіксатор у новому положенні. Потім у пази робочого стола вставляються дерев'яні клини або планки, призначені для попередження зсуву плит при поперечному розкрої, який виконується так само, як і поздовжній розкрій.

По закінченню останнього різання відрізне коло виводять із пропилу, відключають привод його обертання і подачу води. Потім зі стола верстата забирають обкіл, складаючи великий обкіл у спеціальний ящик, а дрібний (з розміром більшої сторони до 100 мм) у спеціальний конвеєр для відходів (кюбель). У завершення процесу окантовані плити знімають зі стола верстата, укладають їх у переносні стелажі (мал. 85) і виконують збирання верстата, промиваючи водою зі шланга його стіл і стійки, а також підлогу навколо верстата.

Головними технологічними параметрами процесу окантовування є: швидкість обертання інструмента, швидкість робочої подачі і глибина різання.

Швидкість робочої подачі і глибина різання — взаємозалежні параметри, які визначають продуктивність верстата. Вибір їх проводиться виходячи з фізико-механічних властивостей оброблюваного каменю з урахуванням особливостей використовуваного верстата.

Вплив на продуктивність верстата швидкості робочої подачі і глибини різання практично рівнозначно. Для забезпечення постійного рівня продуктивності при зменшенні швидкості подачі необхідно збільшувати глибину різання і навпаки. Рекомендується ухвалювати максимально можливу глибину різання, тому що в цьому випадку скорочуються витрати часу на виконання деяких допоміжних операцій. Вибір цього параметра при окантовуванні визначається міцністю оброблюваного каменю і товщиною плити-заготовки (або висотою пакета плит). Слід зазначити, що збільшення глибини різання за перший прохід при окантовуванні гранітних плит часто приводить до засалювання відрізного кола.

Важливим елементом технології окантовування є витрата охолоджуючої рідини (води), яка подається на робочий інструмент. Цей параметр суттєво впливає на ефективність експлуатації алмазного інструмента. Ознаками недостатнього подачі рідини є поява пилу в зоні роботи відрізного кола та іскріння його при різанні міцного каменю. Раціональну витрату води (л/хв) на одне коло можна одержати, розділивши величину діаметра кола (мм) на цифру 25 за умови, що напір у водоподаючій системі становить не менше 0,3 МПа.